~~3662~~ Bibl. ~~Mont~~
Bibl. Mont. 3662-1

<36608434450013

<36608434450013

Bayer. Staatsbibliothek

Grundriß

der

öffentlichen Vorlesungen

über die

Experimental-Naturlehre,

welche

auf Veranstalten der Churfürstlichen Akademie der Wissenschaften in München

vom

P. Maximus Imhof,

Ordens des heil. Augustins, öffentlichen Lehrer der Physik, und höhern Mathematik ꝛc. am Churfürstl. Schulhause, und der Akademie wirklichen Mitgliede

auf dem akademischen Hörsaale vorgetragen,

und

zum Gebrauche seiner Zuhörer,

und junger Naturfreunde in den Druck gegeben wurden.

I. Theil

mit sechs Kupfertafeln.

München, 1794.

im Verlage bey Joseph Lentner, Buchhändler.

Non fingendum, aut excogitandum, ſed inveniendum, quid natura ferat, vel faciat.

Baco.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Die Churfürstl. Akademie der Wissenschaften übertrug mir das so gemeinnützige Geschäft, wöchentlich öffentliche Vorlesungen über die Naturlehre zu halten, und über ihre Lehrsätze passende Versuche anzustellen. Die reine Absicht der Churfürstl. Akademie hat bey diesen öffentlichen Kollegien ganz nichts anders zum Grunde, als die für jedem Stande eben so nothwendigen als nützlichen Kenntnisse in der Naturlehre mehr ausgebreitet, und anwendbarer zu machen, um durch so eine zugleich angenehme wissenschaftliche Unterhaltung junger Männer Talente zu reitzen, ihren Beobachtungsgeist zu schärfen, ihren Verstand in der Kenntniß natürlicher Dinge aufzuklären, zu neuen Erfindungen den Weg zu bahnen, und so das ganze Gebiet der Körpernaturlehre für jede

Men-

Menschenklasse gemeinnütziger zu machen. Nichts konnte meiner eigenen Neigung, und dem sehnlichsten Wunsche, meinen Mitbürgern nützlich zu seyn, mehr entsprechen, als dieser allgemein vortheilhafte Auftrag. Wirklich unterzog ich mich diesem angenehmen Geschäfte das erstemal am 25zigsten Oktober des 92zigsten Jahres, und las in zahlreicher Gesellschaft junger Naturfreunde aus Mangel eines mir dazu ganz zweckmäßigen Lehrbuches, welches zugleich dem akademischen physikalischen Apparate angemessen ward, nach eignen gesammelten Heften vor. Nach etwelchen Kollegien hörte ich von mehrern meiner Zuhörer den Wunsch äußern, ein zu dieser Absicht taugliches Lehrbuch in ihren Händen zu haben: von mehrern ward ich gebethen, meine vorgelesenen Hefte von Zeit zu Zeit

zum

zum Drucke zu befördern; damit sie das, was in den öffentlichen Kollegien behandelt würde, wieder nachholen, selbst reifer überdenken, und die Lücken ausfüllen könnten, die in ihren Kenntnissen hie und da übrig blieben, und damit sie endlich einen ganzen Grundriß der öffentlichen Vorlesungen, und des daraus geschöpften Nutzens in Händen hätten.

Dieser in aller Rücksicht billige Gesuch machte in mir den Wunsch rege, in diesem Falle, wo möglich, etwas zu leisten, und nützlich zu seyn. Ich durchsuchte in dieser Absicht die besten und bekanntesten Werke physischen Inhaltes, nahm von jedem das, was ich als das Beßte von allen erkannte, oder doch von den meisten dafür anerkannt wird,

und

und machte daraus von Zeit zu Zeit ein Ganzes nur als einen Grundriß für meine jungen Naturfreunde und Zuhörer, denen ich es ganz allein im Drucke gewidmet haben will. Und so denke ich wenigstens für den ersten Jahrgang meiner Experimentalkollegien bis zur Erscheinung eines bessern Werkes keine vergebliche Arbeit unternommen zu haben.

Schriebs den 2ten Jänner.
1793.

Verfasser.

Inhalt.

Blatt.

Einleilung in die Naturlehre samt ihren Vorbegriffen. . . . . 1 u. w.
Von den allgemeinen Eigenschaften der Körper. 11
Materiele Ausdehnung. 15
Figur der Körper, und ihrer Theile. . . . 15
Undurchdringlichkeit. 20
Zwischenräume. 25
Dichtigkeit. 30
Theilbarkeit. 35
Anziehen. 45
Zusammenhang. 46
Anhangen. 58
Reflexion über die Ursache der Kohäsions-, und Adhäsions-Erscheinungen. 71
Compressibilität. 76
Elasticität. 78
Bewegung. 86
Ihre allgemeinen Gesetze. 89
Sonderheitliche Gesetze von der gleichförmigen Bewegung. 99
Beschleunigte Bewegung. 101
Schwere der Erdkörper, und Fall derselben mittelst der Schwere. . . . . 102 103 ꝛc.
Freyer Fall. 106
Gleichförmig abnehmende Bewegung. 113
Fall auf vorgeschriebenen Wegen über die schiefen Flächen. 115
Einfache Bewegung. 122
Zusammengesetzte Bewegung. 125
Krummlinichte Bewegung. 127

Wurf-

Inhalt.

Blatt.

Wurfbewegung. 128
Centralbewegung. 133
Pendelbewegung. 139
Mittheilung der Bewegung durch den Stoß nicht elastischer, und elastischer Körper. 147
Hinderniße der Bewegung. 160
a) Im Mitteldinge. 162
b) Bey der Reibung. 168
Bewegung der Körper mittelst der Maschinen. 179
Schwerpunkt. 184
Hebel. 190
Wage. 201
Rolle. 211
Rad an der Welle. 222
Räder. 227
Schiefe Fläche. 239
Keil. 244
Schraube. 248
Zusammengesetzte Maschinen. 256
Gebrauch der Stricke. 257
Statik flüßiger Körper. 260
Allgemeine Gesetze des Druckes flüßiger Körper. 263
Gesetze des Gleichgewichtes flüßiger Körper unter sich. 272
Mit festen Körpern. 277
Anwendung dieser Gesetze. 286

Einleitung

Einleitung
in die
Naturlehre.

I.

Naturlehre, **Körperlehre, Physik** umfaßt das ganze Gebieth der Natur, die ganze Reihe der Körperwelt. Hierinn liegt ihr unterscheidender Karakter, daß sie sich bloß mit dem beschäftigt, was wir in der Körperwelt wahrnehmen, was in der Körpernatur gegründet liegt, und daraus seine Erklärung herholet. Unter dem Wort **Natur** versteht man im allgemeinsten Verstande den Inbegriff aller erschaffenen Dinge. Der Name aber **Natur** eines jeden einzelnen Körpers bedeutet den Inbegriff aller Eigenschaften, als das Grundprincip aller Wirkungen und Veränderungen, die wir in einem vorhandenen Körper wahrnehmen. Die **Eigenschaften** eines Körpers sind das, was selben fähig macht, in verschiednen Umständen so zu wirken, wie wir ihn zu wirken beobachten. So sind z. B. **Härte, Sprödigkeit, Durch-**

Was Natur u. Eigenschaft?

sichtigkeit, Schmelzbarkeit, Eigenschaften des gemeinen Glases: diese alle zusammgenommen bestimmen dessen Natur, und es kann keine dieser Eigenschaften verlieren, ohne seine Natur zu verändern; weil es bey dem Verlurste einer solchen Eigenschaft nicht mehr so wirken kann, wie es vorhin wirkte.

II.

Was Naturerscheinungen, Phönomene?

Alle Körper, die zusammgenommen die Körperwelt ausmachen, stehen miteinander in naher Verbindung, und bringen durch ihre wechselseitige Wirkungen Veränderungen ihres Zustandes hervor. — Diese Veränderungen in der Körperwelt, die wir mittelst unsrer äußerer Sinne wahrnehmen, werden mit dem allgemeinen Name **Naturerscheinungen, Phönomene** ausgedrückt.

III.

Was Erklärung der Phönomene?

Da die Wirkungen und Kräfte der Körper von ihrer Natur oder ihren Eigenschaften abhängen (I), so muß nothwendig der zureichende Grund der Naturerscheinungen oder Phönomenen in der Natur der Körper, oder ihren Eigenschaften gesucht werden.

Der Endzweck der Naturlehre ist: die Naturerscheinungen, Phönomene zu erklä-

ren

ren, das heißt; ihre zureichende Gründe angeben, und folglich die Eigenschaften der Körper, als Ursachen der Veränderungen aufsuchen.

IV.

Was Naturgesetze?

Das Nachforschen auf die Ursachen der Phönomenen leitet endlich auf die allgemeinsten und einfachsten Wirkungen zurück, die selbst wieder Ursachen mehrerer Phönomenen sind, wovon wir aber nicht weiter den Grund anzugeben im Stande sind. — Diese einfachen und allgemeinen Wirkungen, weil sie aus Erfahrung bey gleichen Umständen der Körper auch immer die nämlichen sind, führen uns auf den Induktionsschluß, daß in gleichen Umständen eben diese Wirkungen auch in den nicht beobachteten, und in allen künftigen Fällen wieder erfolgen werden. So ein einfacher und allgemeiner Satz, aus welchem sich beobachtete Erscheinungen erklären, und zukünftige vorhersagen lassen, heißt *Naturgesetz*. Die Naturlehre muß also, wenn sie die Phönomene erkläret, dieselben auf allgemeine Naturgesetze zurückzubringen suchen, derer genaue Bestimmung die Naturforscher bisweilen auch auf die Entdeckung der wahren Ursachen geleitet hat.

V.

Die Gegenstände also, welche die Naturlehre behandelt, sind **Natur**, oder die **Eigenschaften** der **Körper**, ihre gegenseitige **Wirkungen**, die daraus entspringenden **Phönomene**, **Erscheinungen**, die **Erforschung** der **Naturgesetze**, und endlich die **Erklärung** dieser **Erscheinungen** aus **Naturgesetzen** oder ihren **hinlänglichen Ursachen**.

VI.

Sichere Wege zur richtigen Kenntniß dieser Gegenstände.

Um deutliche und richtige Kenntnisse von diesen Gegenständen der Naturlehre zu erlangen, stehen dem Naturfreunde zween Wege offen; der Weg der **äußern Erfahrung**, und der Weg der **Folgerung** oder des **Vernunftschlußes**. — Jener führt uns mittels unsrer äußerer Sinne zur richtigen Kenntniß der gegenseitigen Wirkungen, und der daraus entspringenden Erscheinungen. Die Vernunft vergleicht die Resultate der Erfahrungen, sondert allgemeine Naturgesetze ab, forscht hierinn den Ursachen der Phönomenen nach, und holt aus selben ihre Erklärungen. Wenn man sich bloß mit Erfahrung begnügen, und nur ihr Resultat bemerken wollte, so wurde man nur zur Kenntniß einzelner, so zu sagen, isolierter Wahrheiten gelangen. Zieht man hinge-

hingegen aus den angeführten Versuchen Schlüße, so lassen sich dadurch die Eigenschaften der Körper, die Ursachen ihrer Wirkungen, und die Naturgesetze herleiten. Würde sich hingegen die Vernunft bloß auf spekulative Betrachtungen einschränken, dann baut sie sich von idealen Körpern ein grundloses Gebäude, das nur im Kopfe seine Existenz hat, und dem natürlichen Körpergebäude geradezu entgegen steht; denn es ist nur allzuwahr, daß Betrachtungen ohne Versuche jederzeit das Verderben ächter Naturlehrer gewesen sind.

VII.

Der Weg der Erfahrung theilt sich wieder in zween Seitenwege, in jenen der blossen **Beobachtungen**, und jenen der **Versuche**. Der Weg der Beobachtungen führt uns zu Kenntnissen der Wirkungen und Phönomenen, die sich in der Körperwelt ohne unser Zuthun, bloß nach dem Laufe der Natur ereignen. Z. B. wenn wir im Sommer bey einer dunklen Regenwolke einen Regenbogen wahrnehmen. Der Weg der **Versuche** führt uns auf Wirkungen und Erscheinungen hin, die uns die Natur, sich allein überlassen, ohne unser Zuthun, ohne die Kör- Wie vielfach die Erfahrung.

per durch Kunst in verschiedene Umstände zu versetzen, nie würde gezeigt haben. Z. B. wenn wir ein gläsernes Prisma gegen das Sonnenlicht halten, um auf der gegenüberstehenden weissen Wande die Farben des Regenbogens zu bemerken. — Auf unsern Erfahrungen über die Körper also, auf Beobachtungen und Versuchen beruht alles, was wir von ihnen wissen. Die Kunst, Beobachtungen und Versuche anzustellen, ist dem ächten Naturforscher äußerst wichtig und unentbehrlich, um das, was die Erfahrung überhaupt lehren kann, vollständig zu machen. Die Beobachtung läßt Lücken übrig, welche die Versuche ausfüllen müssen; und die Versuche lehren Sätze, die nur dann erst gewiß werden, wenn sie die Vergleichung mit Beobachtungen aushalten. Die Mittel, mit welchen wir Beobachtungen und Versuche anstellen, heißen **Werkzeuge**, oder **physischer Apparat**. Einfachheit, Genauigkeit und Reinigkeit, sind nothwendige Erfodernisse derselben.

VIII.

Mit dem Name also **Physik**, oder **Naturlehre** bezeichnen wir jene wissenschaftliche Anleitung mittels äußerer Erfahrung und

Ver-

Vernunftschlüsse die Natur der Körper, ihre Eigenschaften, ihre gegenseitigen Wirkungen kennen zu lernen, die Naturgesetze und Ursachen aufzusuchen, um aus diesen alle Naturerscheinungen in der Körperwelt, so weit es möglich, zu erklären. Hieraus entspringt der Name **Experimental-Naturlehre**, die sich von der **Dogmatischen** darinn unterscheidet, daß diese nur bloßhin die physischen Lehrsätze ohne allen Versuchen, die sie schon als ungezweifelt behandelt, jene aber keinen andern Lehrsatz vorlegt, als der aus bloßen Beobachtungen unmittelbar hergeleitet ist, oder sich durch Versuche beweisen läßt. Ueberhaupt müssen beyde bey einem zweckmässigen Studium der Naturwissenschaften unzertrennlich verbunden bleiben; denn eine Experimentalphysik ohne Theorie und Dogmen würde unfruchtbare Spielereyen; und eine dogmatische Physik ohne angestellte Versuche und Beobachtungen leere Träume enthalten.

IX.

Dem Experimentalnaturforscher steht allerdings ein unendlich weiters Feld offen, als dem bloßen Beobachter, der nur die freywilligen Wirkungen der Natur bemerkt. Wenn der letztere bloß ruhig erwartet, was ihm die Nutzen.

Natur

Natur von selbst und unbefragt entdecken werde, so zwinget sie hingegen der Erstere, ihm Fragen zu beantworten, die er ihr selbst nach Willkühr vorlegt. Die Versuche unterwerfen gleichsam die Natur der Herrschaft des Menschen, nöthigen sie, seine Fragen zu beantworten, und schreiben ihr sogar Zeit, Ort und Umstände dieser Beantwortung vor; sie gehen über den gewöhnlichen Lauf der Dinge hinaus, und schaffen durch eine unermeßliche Reihe von möglichen Kombinationen der Körper neue Ordnungen von Verhältnissen und Phönomenen, welche demnach den Weg zur Kenntniß verschiedener Eigenschaften der Körper, die sonst die Natur für sich tief im Schleyer verhüllt hätte, uns weisen. Da wir also die Eigenschaften der Körper durch Versuche in ganz veränderten Umständen kennen lernen, so müssen sie uns unstreitig zu einer viel genauern Kenntniß der Kräfte und Wirkungen der Körper leiten, als jene Kenntniß ist, die wir durch blosse Beobachtungen erlangen, obwohl auch Beobachtungen wegen ihrer Einfachheit hin und wieder entschiedene Vorzüge vor den Versuchen voraus haben, wenn die Natur schon unbefragt den Schleyer der Geheimnisse von dem Körper abnimmt.

X. Zur

X.

Verhaltungsregeln beym Beobachten und Versuchen.

Zur Anstellung der Beobachtungen so wohl als der Versuche wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne, wenn sie möglich ist, Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, die strengste Genauigkeit, Vorsicht, Mangel an Vorurtheilen, Unpartheylichkeit, um nicht mehr und nicht weniger zu sehen, als man sehen soll, Genie, und auch ein hinlänglicher Grad von philosophischen Scepticismus erfodert, der den Naturbeobachter und Prüfer theils gegen das allzugroße Vertrauen auf sich selbst waffne (welches Genie und Gelehrsamkeit so leicht einzuflößen pflegen) theils auch ihn abhalte, sich durch irgend ein Vorurtheil des Ansehens u. d. gl. blenden zu lassen. Und da die Antworten, welche die Natur dem Experimentator giebt, sich nach der Art richten, wie er sie fragt, und nach dem Werkzeugen, durch welche er sie zur Antwort nöthiget, so ist dem Experimentator überdieß natürliche Anlage, eine Auswahl der einfachsten und tauglichsten Versuche, eine Vollkommenheit der Instrumente (VII) und auch eine Abänderung mancher Versuche, die ihn größtentheils desto

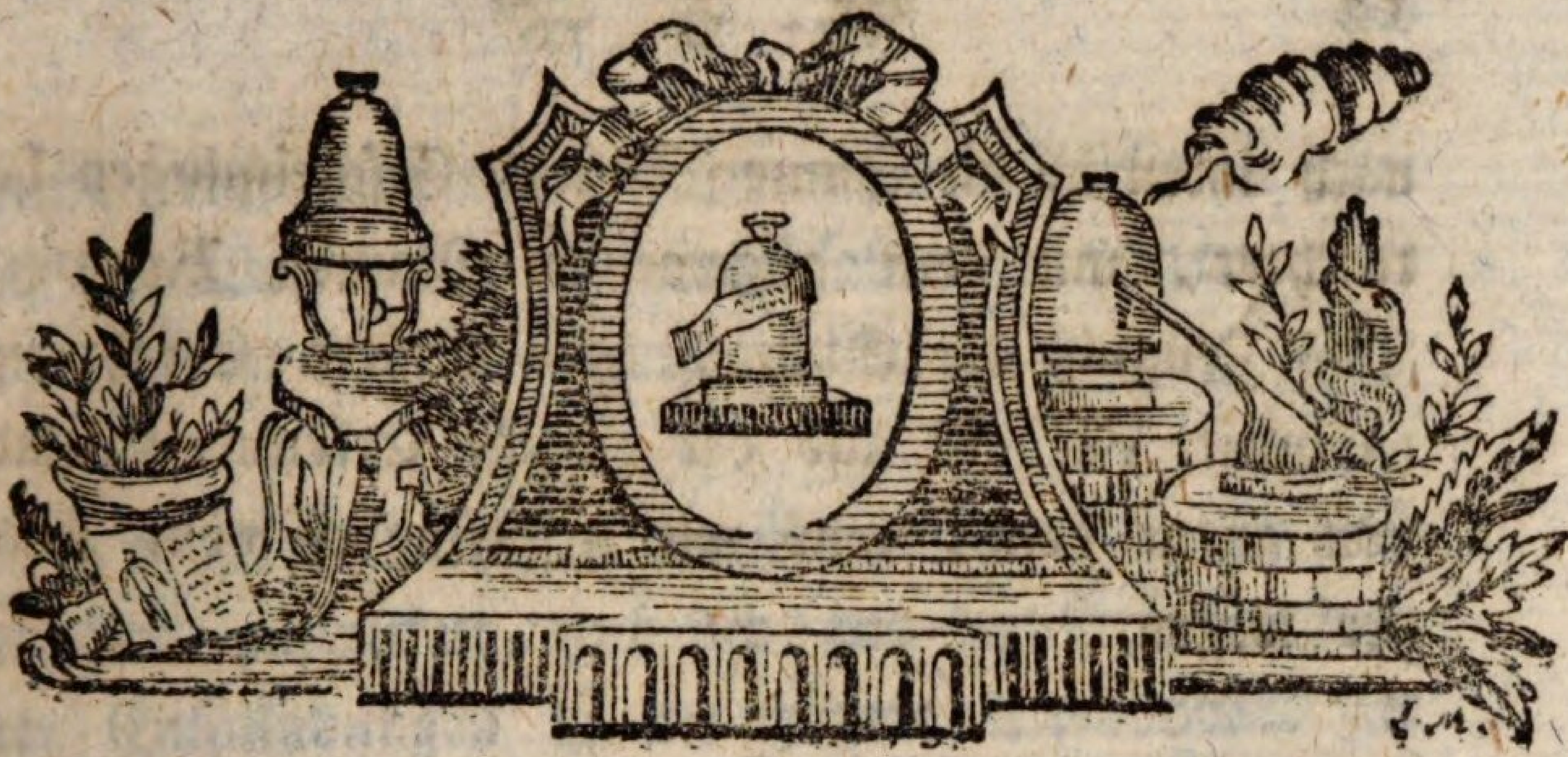
sicherer

sicherer von Irrthümern schützt, unentbehrlich nothwendig.

Eine so große Kette von natürlichen Dingen, ein so weites Feld würde unübersehbar seyn, wenn wir nicht Abtheilungen machten, die das ungeschärfte Auge des Anfängers fassen kann. Der Grund dieser Abtheilung sind die verschiednen Eigenschaften, die wir in den Körpern finden.

XI.

Wir wollen also, um uns die Bahn leichter, den Blick über das Ganze deutlicher zu machen, den Stoff unsrer Untersuchungen in zween Theile zerlegen, und in dem ersten von den allgemeinen Eigenschaften, die oder allen Körpern ohne Ausnahme, oder doch dem größern Theile derselben zukommen; in dem zweyten aber von den besondern Eigenschaften, die nicht zu ihrem Wesen als Körper gehören, und auch nur einzelnen Körpern zukommen.



Erster Abschnitt.

Die Lehre von den allgemeinen Eigenschaften der Körper.

§. 1.

Nothwendig sollte ich vor allen erklären, worinn die Wesenheit jener Dinge bestehe, die wir Körper nennen. Ich sollte zeigen, welche die Grundeigenschaft sey, aus der alle übrigen bekannten Eigenschaften der Körper als unmittelbare Folgen hergeleitet fließen. Dieß ist aber das Geschäft der Metaphysik. Der Physiker begnügt sich indessen mit einer Beschreibung, in welcher er alle Eigenschaften zusammen faßt, die bisher an allen Körpern ohne Ausnahme sind wahrgenommen worden. Er belegt alle jene Gegenstände, die in seine äußere Sinne fallen, oder doch fallen können, und die er

nach ihren in die Sinne fallenden Erscheinungen betrachtet, mit dem allgemeinen Namen **Körper**. Das Zeugniß der Sinne, oder äußere Erfahrung (Einleit. VI.) ist also der einzige Erkenntnißgrund von allem dem, was wir ursprünglich vom Körper wissen.

§. 2.

Materie, Körperstoff.

Das Zeugniß unsrer äußern Sinne, oder äussere Erfahrung lehrt uns durch Versuche so wohl, als bloße Beobachtungen (Einl. VI.) daß alle Körper aus zusammenhangenden Theilen bestehen, ein selbstständiges Wesen, das wir **Materie, Körperstoff** nennen, und bey jeder möglichen sowohl mechanischen als chemischen *) Auflösung der Körper übrig bleibt, ausmachen; denn kein Körper kann so zerstreut und zerstöret werden, daß er ins Nichts übergehe, wenn auch dieß materielle Wesen manchmal unsern Sinnen entflieht, so wird es doch wieder, oder in der nämlichen, oder unter verschiedenartiger Gestalt für selbe wieder empfindbar.

Beobachtungen.

Beobachtungen. 1) Die atmosphärische Luft nimmt das in Dünste aufgelöste Wasser auf, verhüllt

*) **Mechanische** Auflösung, die mit Gewalt durch äußere Kräfte z. B. zerstossen, zerreiben, zermalmen u. s. f. **Chemische**, die mittels einer flüßigen Materie bewirkt werden kann, wie z. B. Salzauflösung mittels des Wassers.

hüllt selbes ganz unsern Sinnen; macht es uns aber in den Wolken, in den herabfallenden Regen, Nebel, Thau u. s. f. wieder sichtbar.

2) Der elektrische Stoff, welcher sich von unserer Erde entwickelt, und sich aus den Gränzen unserer Empfindungen in die höhere Atmosphäre geschwungen, überzeugt die Sinne in der Gestalt eines Blitzes oder Donners von seinem Daseyn.

3) Wasser löset Salzsteine auf, so, daß sie unserm Auge ganz verschwinden; das materielle Wesen aber dieser Salzsteine macht sich unserm Geschmacksinne fühlbar, und bleibt bey der allmähligen Verdünstung des Wassers auch dem Gesichte empfindbar zurück.

4) Die Speise im menschlichen Leibe und andern Thierkörpern wird in Milchsaft, Blut, Fleisch, Nerven, Knorpeln u. s. w. umgeschaffen.

Versuche mit chemischen Auflösungen.

1) Wenn eine halbe Unze Weingeist unter einer gläsernen Glocke ganz in Dünste aufgelöset wird, so scheint der Weingeist unserm Auge völlig verschwunden zu seyn; verdünnet man aber in der Glocke die Luft, so zeigt sich unter selber bald ein angenehmer Nebel, der zu fallen anfängt, und bey dem Zutritt neuer Luft wieder verschwindet. Versuche.

2) Wenn

2) Wenn man etwas Fadensilber in Scheidwasser auflöset, so wird zwar das Silber aus unsern Augen entfliehen, doch bald wieder sichtbar werden, wenn man in die Auflösung Salze, oder auch andere schlechtere Metalle, als Kupfer, Eisen u. d. gl. hineinwirft.

3) Wenn man Holz im Feuer verbrennt, so wird selbes in Asche und Rauch aufgelöset, der ebenfalls vor unserm Angesichte verschwindet, nach und nach aber sich dichte und sichtbar an die Kamine anlegt, und wieder in verschiedne Bestandtheile zersetzt werden kann.

Alle **Versuche** mit mechanischen Zerstörungen der Körper stimmen allgemein mit dem vorhergehenden Satze überein, wenn wir mittels äußerer Gewalt Körper zerschlagen, zerstossen, zu Pulver zermalmen, zerfeilen u. s. w.

Schlußfolge aus Beobachtungen und Versuchen. — Es giebt in der Körperwelt etwas reeles, ein für sich selbstständiges Wesen, aus dem alle Körper zusammgesetzt, und das bey ihrer Zerstörung immer auch dort noch, wenn es wirklich unsern Augen entwichen ist, übrig bleibt: — dieses Wesen nennen wir **Materie, Körperstoff.**

Folgesätze. 1) Jeder Körper besteht aus **Materie, Stoff**; ihre Theile heißen Grundtheile.

2) Diese

2) Diese Materie hat für unsre Sinne eben so, wie die aus ihr gebildeten Körper, ein reeles Daseyn.

3) Diese Materie und ihre Zusammensetzung machen nun das physische Wesen der Körper aus.

§. 3.

Materiele Ausdehnung.

Sinnliches Anschauen, oder äußere Erfahrung belehrt uns allgemein, daß alle Körper und Materie aus Theilen bestehen, die nebeneinander liegen, daß die äußeren die innern Theile gleichsam umgeben, und so untereinander verbunden einen Raum ausfüllen, der eine Länge, Breite und Höhe hat; das heißt aber nun eben so viel als ausgedehnt seyn. — Es ist also die materiele Ausdehnung (denn es giebt auch eine geometrische) ein allgemeines Phönomen, so wir in allen Körpern und in aller Materie beobachten und daher auch jedem Körper, jeder Materie wesentlich zukömmt; denn wir können nicht einmal einen Körper, eine Materie denken, ohne die Vorstellung eines Raumes, den er einnimmt, oder den Begriff der Ausdehnung damit zu verbinden.

§. 4.

Figur der Körper.

Die materiele Ausdehnung der Körper nach der Länge, Breite und Dicke ist in gewisse Gränzen eingeschränkt. Wir können uns keinen Begriff von einem Körper machen, der in seiner Ausdehnung so groß wäre, daß ihm nichts mehr hinzugesetzt, folglich, daß er nicht mehr vergrößert werden könnte.

Wir

Wir bemerken also, daß jeder Körper seiner Ausdehnung nach Anfang und Ende, und mithin einen bestimmten Grad der Größe habe. Diesen Grad der Größe bestimmen Linien oder Flächen, die den Körper zwischen ihnen auf allen Seiten einschließen und begränzen. Diesen Umriß der Gränze nennen wir **Figur** der Körper, dessen Verschiedenheit von der Lage und Stellung der Flächen, die ihn von allen Seiten umfassen, abhängt. **Also haben alle Körper eine bestimmte Figur.** Dieser Satz fließt nicht aus Schlüssen allein, sondern es überzeugen uns auch die Sinne davon. Selbst jene Körper, derer Masse im Verhältniß mit uns gleichsam unendlich groß ist, erscheinen uns unter gewissen Figuren; ja wir können sogar ausser ihrer Figur noch andere Bestimmungen an ihnen bemerken, durch die sie sich von einander unterscheiden; und wir sehen ihrer unzählich viele oft mit einem Blicke in dem unermeßlichen Raume schweben, den wir Himmel nennen. — Daß auch kleinere Körper, ja sogar die kleinsten Körpertheilchen eine Figur haben, brauchten wir wohl nicht durch unmittelbare Erfahrung zu erweisen; selbst die Benennung klein sagt, daß die Gränzen ihrer Ausdehnung enge sind. Was es aber für eine Figur sey, die Manigfaltigkeit der Figur, ob die Figur der kleinsten Theile von ungleichartigen Körpern, und so auch der größern, und frey sichtbaren Theile, oder etwa die Figur gleichartiger Körper ebenfalls gleich sey, belehrt uns Erfahrung mittels folgender Beobachtungen, und Versuche.

Erstens

1) Versuch. Man setze verschiedene mit Wasser sehr verdünte Salzauflösungen die durch allmählige Verdünstung eingetrocknet sind, z. B. gemeines Kochsalz, Alaun, Salpeter u. d. gl. unter das Mikroskop; wir werden in den kleinsten Theilen eben desselben Salzes durchgehends eine ähnliche Figur bemerken, so wie wir sie in den großen Kristallen des nämlichen Salzes mit freyem Auge beobachten; hingegen in den verschiedenen Gattungen der Salze auch verschiedene Figuren ihrer Theile. So z. B. beobachten wir in allen großen Theilen sowohl, als auch in den kleinsten Theilen des gemeinen kristallisierten Salzes — würfelförmige, in jenen des Alaunes spies- und achteckige, in jenen des Meersalzes pyramidalische in jenen des Salpeters prismatische Figur. Das Wasser, wenn es in Kristallen, Eis oder Schnee anschießt, wird immer nach einem regelmässigen Sechsecke gebildet.

Erstens bey festen Körpern.

2) Versuch. Man betrachte sehr feine Querschnitte von Zweigen verschiedner Pflanzen unter dem Mikroskop. Jede Art von Gewächsen von den härtesten Hölzern bis zu den zartesten Pflanzen, zeichnet sich durch eine eigenthümliche Anordnung und Lage ihrer Theile, und also auch durch eine eigenthümliche Figur ihrer Theile aus. Die Fibern der Wurzeln, der Rinde, des Holzes, der Blätter und Früchte haben ihren bestimmten Bau.

3) **Versuch.** Verschiedene Sandarten zeigen unter dem Mikroskop auch verschiedene Figuren; hingegen die nämlichen Sandarten auch die nämliche Figur. — Auch alle Arten der Metalle, Steine sind mit einer ihrer Gattung eigenen Art von Figur gebildet, diese Bildung ist der Grund, auf dem wir uns fast meistens stützen, wenn wir sagen, dieß sey ein Kies, ein Spat, ein Kalchstein, ein Kristall, dieß ein edler, dieser ein unedler Stein; jedes bildet sich in seinem Wachsthume zu einer bestimmten Gestalt.

Schlußfolge. Die größten Theile sowohl, als auch die kleinsten der festen Körper haben ihre bestimmte Figur, die bey den Theilen gleichartiger Körper gleichartig, bey jenen der ungleichartigen Körper aber außerordentlich mannigfaltig ist.

Versuche bey flüßigen Körpern.

1) **Versuch.** Der Umlauf des Geblüts in dem Gekröse eines lebendigen Frosches unter dem Sonnenmikroskop beobachtet lehrt, daß die kleinen Theile des Geblütes durchgehends eine kuglförmige, folglig bestimmte, und sich immer ähnliche Figur haben.

2) **Versuch.** Wasser auf einen staubichten, oder mit Hexenmehl bestreuten, oder auch auf einen mit Fette bestrichenen Boden gespritzt, zerfällt in Theile von verschiedener Größe die aber alle ihre kugelförmige Gestalt beybehalten.

3) Ver-

3) **Versuch.** Quecksilber auf Holz, Papier u. s. w. hingespritzt, zerfällt in verschiedene große, doch lauter kugelförmige Theile.

Schlußfolge. Auch die Theile der flüßigen Körper die großen sowohl, als die kleinsten haben ihre bestimmte und durchgehends kugelförmige Figur.

Der **physische Grund** dieser so großen Mannigfaltigkeit der Figur ungleichartiger Körper kann wahrscheinlich aus der ungleichartigen Zusammensetzung ihres Grundstoffes eben so, wie die Aehnlichkeit der Figur gleichartiger Körper aus der ähnlichen Zusammensetzung ihrer Grundtheile unmittelbar hergeleitet werden kann.

Allgemeine Nutzen, den die Natur aus den verschiedenen Figuren der Körper und ihrer Theile zieht.

* Von der Verschiedenheit der Figur der Körper sowohl als ihrer Theile hängt auch die Verschiedenheit der Kräfte und Wirkungen, a) in optischen sowohl, als b) in mechanischen, und c) in andern Phönomenen ab; denn a) der prismatischen oder auch konischen Figur des Glases haben wir den künstlichen Regenbogen zu verdanken. Aus der konvexen oder erhabnen Figur der Gläser ziehen die weitsichtigen, wie aus der konkaven oder hohlen Figur derselben, die kurzsichtigen ihre Vortheile. Die Brenngläser erhalten ihre Kraft zu brennen, und die Bilder der Gegenstände zu vergrößern, blos aus der Konvexität, so wie die Brennspiegel aus ihrer konkaven Figur ihre Brenn- und Vergrößerungskraft herholen. b) Der keilarti-

gen Figur müßen alle bey der Zertrennung, Zerschneidung der Körper anwendbare Maschienen ihre verstärkte Kraft zu schreiben, so wie aus der zirkelförmigen Figur einer Rolle die Leichtigkeit Körper mittels eines Seiles auf= und abzuziehen hergeleitet werden muß u. s. w. c) Die verschiedene Figur der Körper muß auch nothwendig zum Geschmacke das ihre beytragen; denn Körper deren Figur schneidig, oder spitzig, oder stumpf ist, müssen unsere Geschmackswerkzeuge auch verschieden reizen. Endlich hängt auch der verschiedene Zusammenhang der Körper größtentheils von der Figur der kleinsten Theile ab, welches ich nachhin bey den Gesetzen des Zusammenhanges beweisen werde.

§ 5.

Undurchdringlichkeit oder Solidität.

Sobald wir materiele Ausdehnung, folglich neben einander liegende Theile, sobald wir eine begränzte Ausdehnung, folglich eine Figur denken, so denken wir eine Art Behältniß, in welchem Materie oder Körperstoff vorhanden ist; denn sonst hätten wir weiter nichts, als leeren Raum, einen geometrischen, keinen physischen Körper. Diese Materie füllt aus Erfahrung ihr Behältniß, ihren Raum so aus, daß sie jeden andern Körper hindert, mit ihm zugleich im nämlichen Behältniße zu seyn. Wir können also mit Grunde sagen, daß jede Materie, mithin auch jeder Körper zu seinem Daseyn einen Raum erfodere, den er dergestalt ausschlies=

ſungsweiſe einnimmt, daß keine andere Materie, kein anderer Körper in eben demſelben Raum dringen könne, ohne jenen erſt daraus vertrieben zu haben. Dieſe Wahrnehmung an aller Materie an allen Körpern iſt das, was wir mit dem Namen **Undurchdringlichkeit, Solidität** bezeichnen, und nothwendig mit unſern Begriffen von Materie und Körper überhaupt verbinden. Aus dieſem Grunde rechnen die Naturlehrer die Undurchdringlichkeit zu den weſentlichen Eigenſchaften der Materie, und der daraus zuſammengeſetzten Körper, und erfodern zum vollſtändigen Begriffe eines Körpers, nebſt der Ausdehnung, auch noch **Undurchdringlichkeit.**

§. 6.

Die Undurchdringlichkeit iſt alſo ein weſentliches, und allgemeines Phönomen der flüſſigen ſowohl als feſten Körper, bewieſen aus Beobachtungen und Verſuchen. Lehrſatz.

Beobachtungen. 1) Feuer und Lichtmaterie werden von den Spiegeln und weißen Wänden zurücke geworfen. Die von Hohlſpiegeln zurückgeprellten, und im Brennpunkte verſammelten Lichtſtrahlen zünden brennbare Körper an. Es kann alſo Feuer und Lichtmaterie nicht zugleich im nämlichen Raume ſeyn, wo die Spiegel, und die weißen Wände ſind, d. i. es ſchließt eins das andere von ſeinem Raume aus, oder — es iſt auch Licht und Feuermaterie undurchdringlich.

2) Wenn

2) Wenn ein Trichter, wodurch wir Wasser, Wein u. s. f. in ein Gefäß hinübergießen wollen, die Mündung des Gefässes ganz ausfüllt, so, daß dazwischen die im Gefässe eingeschlossene Luft nicht weichen kann, so wird das Flüßige mit seiner ganzen Schwere nie ins Gefäß hinabfließen, weil die eingeschlossene Luft selbes von ihrem Platze ausschließt, das heißt, weil Wasser und Luft undurchdringlich sind.

Versuche. Die Undurchdringlichkeit des **Wassers** und der **Luft** beweisen a) die bekannten Taucherglocken, worinn die Perlenfischer, ohne den Eintritt des Wassers in ihre Glocke befürchten zu dürfen, in Wassertiefen versenket werden; worinn auch das ins Wasser versenkte Licht von diesem nicht ausgelöschet wird. b) Man senke die Rohre AB, dessen Sphäre C mit Wasser gefüllt ist mit dem Ende B in das Wasser; die in der Röhre eingeschlossene Luft drückt das Wasser aus der Sphäre gleich einem Springbrunn in die Höhe. c) Es werde eine Röhre, an dessen obern Ende eine mit Luft gefüllte Blase fest gebunden ist, ins Wasser versenkt; man mache sodann in die Blase ein Löchchen: bey dem Einsenken werden wir aus der Oeffnung Luft wegtreten hören, und das Wasser wird nicht eher eindringen können, bis die Luft durch die Oeffnung wegweichen kann.

Versuche mit der Stoßmaschine, mit der Presse und andern Druckmaschinen beweisen deutlich, daß

man

man weder einem festen, noch einem flüßigen Körper durch das Zusammendrücken mittels natürlicher Kräfte den Raum oder seine Ausdehnung ganz nehmen könne, daß also jeder Körper, jede Materie seinen Raum mit Ausschlusse anderer Körper behaupte, oder was eines ist, undurchdringlich sey.

Schlußfolge. Die Undurchdringlichkeit ist also ein Phönomen, das wir mittels der Beobachtungen und Versuchen in allen Körpern antreffen; so wie wir sie in den Körpern finden, so muß sie auch in ihren Theilen seyn. Denn, wenn nicht schon die Theile undurchdringlich wären, so könnten es auch die Körper nicht seyn: man würde dem ganzen Körper seine Ausdehnung, seinen Raum nehmen können. Diese Undurchdringlichkeit ist der Körpermaterie so wesentlich, als die materiele Ausdehnung; denn nehmen wir den materielen Theilen ihre Undurchdringlichkeit, so können sie alle an einem Platze zugleich seyn, und also nie eine materiele Ausdehnung in den Körpern bewirken.

1) Was ist aber das Eindringen flüßiger Körper in andere? — Dieß Eindringen ist nur scheinbar; denn sie dringen nicht in die Theile anderer Körper ein, sondern nur, wegen ihrer ausserordentlichen Feinheit zwischen denselben, d. i. in die leeren Zwischenräume z. B. Wasser in Asche, dessen Lage der Theile, und des Wassers Zwischenräume der Grund des scheinbaren Einwürfe.

ren

ren Eindringens ist. Wo ein Stäubchen Asche ist, da kann zugleich kein Wasser seyn.

2) Der Vogel im Fluge, der Mensch im Laufe, der Stein im Wurfe durchdringen die Luft, da sie sich durch selbe bewegen; allein sie durchdringen die Luft nicht, sondern sie drücken selbe nur auf die Seite, so wie wir im Schwimmen das Wasser, oder im Gehen andere Körper, die uns im Wege stehen, auf die Seite räumen.

§. 7.

Erklärung.

Der physische Grund der Undurchdringlichkeit wird wahrscheinlicher von einer reelen Gegenwirkung, die den andern einzudringen hindert, hergeholet, als von dem bloßen Daseyn der Materie, oder einem natürlichen Unvermögen des durchdringenwollenden Körpers selbst. Denn der Körper, der einen anderen durchdringen will, wendet eine bewegende Kraft an, die sich nicht von sich selbst, durch ihre eigne Gränzen, oder durch das bloße Daseyn des andern aufhebt, sondern um aufgehoben oder gemindert zu werden, eine entgegen wirkende Ursache, einen reelen Widerstand fodert.

Allgemeiner Nutzen.

* a) Ohne dieser Eigenschaft wäre keine Bewegung, kein Stoß, und keine einzige Maschine zum Gebrauche möglich. Denn auf die Undurchdringlichkeit der Luft und des Wassers gründet sich die Taucherglocke, die Wind- und Wassermühlen, die Bewegung

wegung der Schiffe mittels der Segeln und Ruder, kurz alle hydrostatischen, hydraulischen und andere Maschinen.

b) Ohne Undurchdringlichkeit des Lichtes wäre dessen Zurückprellung schlechterdings unmöglich, mithin für unsre Augen kein dunkler Körper sichtbar.

§. 8.

Der Raum, oder das Behältniß, das die physischen Körper, mittels ihrer undurchdringlichen und ausgedehnten Materie ausfüllen, ist doch nicht ganz von lauter eigenthümlicher Materie voll, sondern wir finden zwischen den materielen Theilen unzählbare Abstände, Oeffnungen, Löcher, welche innerhalb der Gränzen der Körper von der ihnen eigenen Materie nicht besetzt, sondern leer sind, und die wir **Zwischenräume, Poren** nennen. Z. B. die Löcher eines Schwammes, die unzählbaren Oeffnungen in den Querschnitten von Hölzern (§. 4.) Versuch 2. u. d. gl. Die Zwischenräume sind entweder ganz von aller Materie leer, oder sie sind mit fremder flüßiger und feiner Materie, in welcher sich die Körper versenkt befinden, ausgefüllet. Die sichtbaren Zwischenräume sind wahrscheinlicherweise größtentheils von der Materie des den Körper umgebenden Mittels, z. B. Luft, Wasser u. d. gl. angefüllet. Zwischenräume. Poren.

§. 9.

Die Porosität ist ein allgemeines Phänomen, so wir in allen Körpern beobachten. Lehrsatz.

Wir

Wir finden in der Natur gar keinen Körper, in welchen kein feiner flüßiger Stoff eindringen könnte; es kann aber in die Materie des Körpers keine andere noch so feine Materie eindringen; (§. 5.) mithin muß so ein materieler Stoff zwischen den Theilen der Körpermaterie eindringen, oder was eines ist, in dessen Zwischenräume. Es hat also jeder Körper Zwischenräume oder Poren, welches Beobachtungen mittels der Vergrößerungsgläser an verschiedenen festen Körpern, und durch folgende Versuche bestättigen.

A Versuche mit festen Körpern.

1ster **Versuch**. Alle Metalle, Steine, Hölzer u. d. gl. können nicht allein vom Wärmestoff, sondern auch von andern chemischen Mitteln, die in selbe eindringen, aufgelöset werden. Düne Metallblättchen, Goldschlag u. m. a. werden ebenfalls vom Lichte durchdrungen, so wie der Finger eines Menschen, gegen ein Licht, oder gegen der Oeffnung eines verfinsterten Zimmers gehalten.

2ter **Versuch**. Wenn weisser Marmor über ein Kohlenfeuer warm gemacht, und dann mit Spiritus, worinn Harze aufgelöset sind, oder mit Terpentin, mit dünnen Pigmenten vermischt, überstrichen wird, behält er diese Farbe, wenn selber auch über eine halbe Linie abgeschliffen wird. Mit Drachenblut bestrichen, erhält der weisse Marmor die schönste Purpurfarbe.

3ter **Versuch**. Ein reines glattes Stück Silber mit Papier, oder leinerm Tuche noch so dicht um=

umwickelt, und über flüchige Schwefelsäure gehalten, wird in kurzer Zeit schwarz.

4ter **Versuch.** Die sympathetische Dinte *) geht durch etwelche hundert Blätter Papier, durch Holz und Metallblättchen u. d. gl. hindurch, und macht die unsichtbare Schrift lesbar.

5ter

---

*) Die Bereitung dieser Dinte ist folgende: Man nimmt eine Bleyauflösung in Essigsäure, oder siedet eine halbe Unze Silberglöt in einer Unze destillierten Essig eine halbe Viertelstunde, und filtrieret es. Dann füllt man eine Phiole mit einem langen Halse mit 5 oder 6 Unzen Wasser mit einer Unze ungelöschten Kalch, und einer halben Unze Operment, verstopft es wohl, und läßt es wenigst 24 Stunden stehen, filtrieret es dann so schleinig, als es seyn kann. Beyde Liquoren müssen in wohlvermachten Gläsern bewahret werden. — Schreibt man nun mit dem erstern Liquor auf ein Blatt Papier, und legt diese unsichtbare Schrift am Anfange eines 2 bis 300 Blätter dicken Buches, und überstreicht man mit dem andern Liquor, oder mit der aufgelösten Schwefelleber ein anders Blatt, das zu Ende des Buches hineinlegt, und so zusammenpreßt wird; so werden nach einer Viertelstunde die phlogistischen Theile der Schwefelleber das Buch durchdringen, sich mit dem Silberglöttheilen verbinden, und in der Verbindung die Schrift schwarz und lesbar machen. — Verschiedene solche Dinten beschreibt Halle natürl. Magie. I. p. 133. II. p. 89. III. p. 593.

5ter Versuch. Wenn man einen helfenbeinern oder hölzern Becher über einen gläsern Zilinder setzt, und dann unter dem Becher innerhalb dem Zilinder die Luft verdünnet, so wird das Quecksilber, oder Wasser, so man vorhin in den Becher geschüttet hat, gleich einem Regen durch den zolldicken Boden des Bechers in das untergesetzte Gefäß hinabfallen. Das Quecksilber wird eben so auch durch Leder durchgedrücket.

6ter Versuch. Eine mit Salzgeist gefüllte gläserne Röhre wird mit der Hand gestrichen, nach einigen Streichen werden die Ausdünstungen des Salzgeistes für den Geruch fühlbar. — Die magnetischen Ausflüße wirken auf die Eisenfeile durch Glas eben so, wie durch Steine, Holz und Metalle; Eisen ausgenommen.

7ter Versuch. Aus einem unter der Glocke der Luftpumpe ins Wasser versetzten Ey strömt bey verdünnter Luft eine große Menge Luftbläschen durch die Schale hervor, die selbe von allen Seiten umgeben.

B Versuche mit flüßigen Körpern.

1ster Versuch. Man vermische $\frac{2}{3}$ Vitriol mit $\frac{1}{3}$ Wasser, verschließe die Flasche sorgfältig mit einen Glasstöpsel, damit nichts verfliege, und schüttle das Gemisch wohl untereinander. Die Mischung wird nach dem Aufbrausen einen kleinern Raum ausfüllen, als vorhin. Es muß also Wasser, und Vitriol wech=

wechselseitig eines in des andern Zwischenräume eindringen.

2ter Versuch. Wenn $\frac{2}{3}$ Wasser mit $\frac{1}{3}$ Weingeist vermischt wird, so ziehen sich beyde Liquoren nm den 20sten Theil des ganzen Inbegriffes zusammen.

3ter Versuch. Wenn man den Tabacksrauch durch das Wasser einsauget, so setzt dieser die gröbern Theile im Wasser ohne merklichen Zuwachs des Inbegriffes ab; so wie andere flüssige Materien eine Menge Lufttheilchen einsaugen, ohne ihren Inbegriff zu vergrössern.

4ter Versuch. In der verdünnten Luft steigen aus allen flüßigen Materien Luftbläschen empor.

Schlußfolge. Da wir also in allen Körpern, die wir Beobachtungen und Versuchen unterwerfen können, Zwischenräume antreffen; so läßt sich auch nach den Induktionsregeln auf alle übrigen Körper, mit denen wir keine Beobachtungen, keine Versuche anstellen können, schließen, daß sie Zwischenräume haben. Es ist also die Porosität ein allgemeines Phönomen.

§. 10.

Lehrsatz v. der Größe, Menge, u. Gestalt d. Poren.

Die Größe, Menge, und Gestalt der Poren ist in den meisten Körpern von verschiedener Art ebenfalls verschieden. — Diesen Satz bewei-

beweisen alle mikroscopischem Versuche von der Figur der Körpertheile (§. 4.). So wie sich jede Art von Gewächsen, und andern Körpern durch die eigenthümliche Figur der Theile auszeichnet, so sind sie auch in der Anordnung ihrer Zwischenräume, in der Größe, und Menge derselben unterschieden. Ihre Menge ist oft so groß, daß man fast zweifeln könnte, ob sie aus massiven Theilen bestehen, besonders im Korke, Schwamme, und leichtern Holzarten. Einen deutlichen Begriff von der grossen Porosität der Körper können air uns ganz leicht dadurch machen, wenn wir 2 oder 3 Haarsiebe über und aneinander uns vorstellen; es wird hieraus eine Masse entstehen, welche von allen Seiten, und nach allen Richtungen mit vielen durch und durchgehenden Oeffnungen durchboret ist; durch eine solche Masse geht Lichtmaterie, Staub, Pulver u. d. gl. ungehindert durch, wenn diese Theile kleiner, als die in Siebe befindlichen Löcher sind, oder, wenn kein anders Hinderniß entgegensteht.

§. 11.

Dichtigkeit.

Da die Porosität als eine allgemeine Erscheinung in der Körperwelt beobachtet wird; so folget, daß in der Natur kein vollkommen dichter Körper vorhanden sey; denn ein vollkommen dichter Körper wäre jener, in welchem sich alle Theile so nahe aneinander liegen, daß kein Zwischenraum mehr übrig bliebe; oder was eines ist, welcher seinen ganzen Raum, oder Inbegriff ohne

alle

alle Zwischenräume mit seiner undurchdringlichen Materie ausfüllt, und so jedem feinen Stoff impermeabel wäre. — Es sind also die Grade der Dichtigkeit nicht **absolut**, sondern nur **relativ**; das ist, die Dichtigkeit des einen ist in Rücksicht auf die Dichtigkeit des andern größer oder kleiner, je nachdem die größern oder kleinsten Theile des einen näher beysammen, oder weiter auseinander liegen als die Theile des andern. Ob sich aber nun die Theile des Körpers A oder jene des Körpers B näher aneinander liegen, läßt sich nur aus der Masse oder Menge der Materie in ihrem Rauminhalt, Inbegriff oder Größe des Raums beyder Körper nach folgenden Gesetze bestimmen: Die Dichtigkeit ist im **geraden Verhältniß mit der Masse, und in verkehrten mit dem Inbegriffe, Rauminhalte,** oder wenn wir die Dichtigkeit = D die Masse = M den Rauminhalt, oder das Volumen = V setzen, $D = \frac{M}{V}$; denn je mehr Masse ein Körper unter dem nämlichen Rauminhalte mit einem andern Körper hat, desto dichter ist selber; oder je kleiner det Rauminhalt eines Körpers von der nämlichen Masse mit einem andern Körper ist, desto größer ist seine Dichtigkeit, z. B. Gold, sagen wir, ist dichter als Holz, weil ein Kubickzoll Gold mehr Masse faßt oder mehr wiegt, als ein Kubickzoll Holz, oder weil das Gold von gleicher Masse mit dem Holze einen kleinern Rauminhalt hat als das Holz. — Es kann also die relative Dichtigkeit bey gleichem

Raum=

Rauminhalte zweyer Körper durch den Unterschied der Massen oder Gewichte; bey gleichen Massen aber durch den Unterschied des Rauminhalts bestimmt werden. Da also das Gold, unter gleichem Rauminhalte mit dem Wasser, 19mal mehr wiegt, oder mehr Masse enthält, als das Wasser; oder bey gleichen Massen der Rauminhalt des Goldes 19mal kleiner ist, als jener des Wassers; so ist auch die Dichtigkeit im Golde 19mal größer, als die des Wassers; mithin verhält sich die Dichtigkeit des Wassers zu jener des Goldes wie 1 : 19. Da die Lockerheit der Dichtigkeit entgegengesetzt ist, so muß sie auch ein entgegengesetztes Verhältniß haben; und mithin auf entgegengesetzte Art bestimmet werden. Es ist also die Lockerheit im geraden Verhältnisse mit dem Rauminhalte, und verkehrt mit der Masse, oder wenn R die Lockernheit bezeichnet, $R = \frac{V}{M}$

§. 12.

Läßt sich wohl ein genaues Verhältniß zwischen der Porosität und der Masse der Körper angeben?

Da wir in der Natur keinen vollkommen dichten Körper haben, so lassen sich auch unmöglich Verhältnisse zwischen Porosität und Masse finden; weil nur der vollkommen dichte Körper ein bestimmtes Maas für das Verhältniß der Porosität der Körper seyn kann; denn gesetzt, ein so vollkommen dichter Körper von der Größe eines Kubickzolles wäge 1 tt., und ein anderer z. B. Gold von eben dem Rauminhalte, nur ½ tt., so müssen die Zwischenräume des letztern die Hälfte des Raumes einnehmen,

und

und nur die andere Hälfte könnte Materie, oder Masse seyn. Auf solche Art allein würde man allzeit genau wissen, wie viel Raum die Materie, und wie viel die Zwischenräume in jedem Körper einnehmen. — Daß aber in den meisten Körpern mehr Zwischenräume sind, als Materie d. i. daß der Raum, den die Zwischenräume einnehmen, größer sey, als jener der Materie, behaupten mit allem Grunde die meisten Naturlehrer. — Doktor Hook hat schon in seiner Mikrographie hierüber merkwürdige Beobachtungen angestellet.

In einem Stücke Kork von $\frac{1}{18}$ Zoll Länge lassen sich 60 Zellen in gerader Linie bemerken, woraus folgt, daß es deren in der Länge eines Zolles gemäß der Proportion $\frac{1}{18} : 60 = 1 : x$, 1080 Poren geben müsse; und mithin in einem Kubikzoll $(1080)^3 = 1259712000$ Poren da seyn müssen. Diese leeren Zellen sind nur durch äußerst feine Scheidewände getrennt, welche einzig und allein die Substanz oder Materie des Körpers ausmachen, und mithin einen unendlich kleinen Raum ausfüllen würden, wenn sie ohne alle Zwischenräume mit vollkommner Dichte zusammgepreßt wären. Aus diesem Grunde, sagt Priestley: Man finde nichts widersprechendes darinn, daß die ganze solide Materie des Sonnensystems in einer Nußschalle Platz haben könne.

§. 13.

Erklärung dieses Phänomens.

Wenn wir mit den neuesten und größten Physikern die ersten materielen Grundtheile als ausgedehnt, undurchdringlich, hart, ohne Zwischenräume und von bestimmter Figur annehmen; so müssen solche Theile, wenn einige davon in Verbindung treten, ein Körperchen der ersten Ordnung (wie sie Muschenbröck nennet) von einer bestimmten Figur gestalten, worinn sie schon nothwendig einige Zwischenräume übrig lassen, deren Anzahl nach der Verschiedenheit der Figur dieser Grundtheile ebenfalls bald größer, bald kleiner seyn muß. Kommen nun wieder solche Körperchen der ersten Ordnung miteinander in Verbindung, so müssen auch diese gemäß ihrer verschiedenen Figur wieder in dem Körperchen der zwoten Ordnung, das sie gestalten, neue, mehrere und größere Poren zurücklassen. Aus diesen entstehen Körperchen der dritten und vierten Ordnung, wo immer mehr und mehr Zwischenräume nach der Verschiedenheit der Figur in den Grundtheilen und ersten Körperchen übrig bleiben. Hieraus wäre nun die Porosität und ihre Verschiedenheit noch allein erklärbar, ohne dazu eine zurücktreibende Kraft, welche die einfachen Körpertheile von der mathematischen Berührung abhalten, und auf diese Art Zwischenräume erzeugen muß, zu Hilfe zu rufen, wovon weder das Daseyn, noch weniger ihr Wirkungskreis auf eine Entfernung hinlänglich bewiesen werden kann. —

* 1. Den Zwischenräumen haben alle Thiere ihre Ausdünstungen, die Absönderung in ihren Drüsen, das Ausschwitzen des Fettes in dem Fächergewebe; und die Pflanzen das Einsaugen ihrer Nahrungstheile größtentheils zu verdanken. 2. Die Arzney zieht durch die Zwischenräume der Menschen- und Thier-Häute bösartige Feuchtigkeiten aus, und bringt verschiedene Heilungsmittel durch Pflaster, Räuchern u. d. gl. in den Thierkörper hinein. 3. Ohne Zwischenräume wäre keine chemische, vielleicht auch keine mechanische Auflösung der Körper, kein Färben, keine Durchsichtigkeit im Glase, Diamant, Rubin, u. d. gl. möglich. Nutzen.

§. 14.

Theilbarkeit.

Schon die Begriffe von Ausdehnung und Porosität führen, miteinander verbunden, auf den Begriff der Theilbarkeit, vermög welcher sich jeder Körper in kleinere Körperchen, aus welchen selber zusammgesetzt ist, zerstücken läßt, wenn eine hinlängliche äußere Kraft dazu angewendet wird. Der Begriff von Ausdehnung setzt mehrere Orte voraus, in welchen zu gleicher Zeit die Materie eines Körpers vorhanden ist. Porosität aber drückt den Gedanken aus, daß diese Orte durch leere Zwischenräume unterbrochen werden, und daß also die Körper aus Theilen zusammgesetzt, und ihre Verbindung durch hinlängliche Kräfte könne aufgelöset werden; weil das, was am einen Orte ist, nicht mit dem einerley seyn kann, was am andern Orte ist.

 Hiemit

Hiemit stimmt auch Erfahrung übereins, die uns lehrt, daß wir alle Körper, welche nicht gar zu klein sind, wirklich in Theile zerlegen, und ihre Bande, welche die Theile vereinigen, zerreissen können. Aus diesem Grunde zählen wir die **Theilbarkeit** zu den **allgemeinen Phönomenen** oder **Eigenschaften** der Körper.

§. 15.

Wirkliche Theilung.

Die **wirkliche** Theilung der Körper geschieht, oder durch die **Natur** ganz allein, oder durch **künstliche Mittel**: jene heißt **natürliche** diese **künstliche** Theilung. Die künstliche Theilung geschieht oder **mechanisch** oder **chemisch**; jene trennt die Verbindung der Theile mittels äußerer Gewalt, d. i. durch Zerschlagen, Zerreiben, Zerstossen, Zerschneiden, Zerfeilen, Zerspritzen u. s. f.; daher sie mit dem eigentlichen Namen **Zertrennung** belegt wird; diese aber sondert die Theile voneinander ab ohne äußere Gewalt, blos durch den Zusatz eines flüßigen Auflösungsmittels; deßwegen heißt sie **Zersetzung, Zerlegung, Scheidung**. Die Produkte der mechanischen Theilung nennt man schlechthin **Theile**, und zwar **gleichartige** (similares), weil sie mit den Körper von ganz gleicher Art sind, z. B. Eisenfeile ist noch immer Eisen, Kohlenstaub noch immer Kohlen. Die Produkte der **chemischen** Theilung heißen **Bestandtheile, Grundstoffe, ungleichartige Theile** (dissimilares), weil sie von einer andern Art und Beschaffenheit zu seyn scheinen, als

selbe

selbe in ihrer Verbindung in den Körpern waren. z. B. die Theile der Asche sind einer andern Beschaffenheit, als sie ehemal im Holze waren. Die mechanische sowohl als chemische Theilung wird mit dem allgemeinen Namen, **physische Theilung** belegt.

§. 16.

Die natürliche Theilung geht viel weiter als die künstliche, und übersteigt ganz unsere Einbildungskraft. Für die Wahrheit dieses Satzes stehen uns erstens die erstaunlichen feinen Theile der Lichtmaterie, des Wärmestoffes, der elektrischen und magnetischen Materie, gewisse Ausflüße von Blumen, Ambra, u. dgl. welche alle auch bey den dichtesten Zusammendrängen nicht merklich palpabel oder wägbar sind. Ein Beyspiel hievon giebt folgende Erfahrung: Ich ließ ein Stück Ambra, dessen Gewicht 100 Gran betrug, auf einer Wage, die so empfindlich war, daß sie sich schon bey einem kleinen Theile eines Granes merklich bewegte, 3½ Tag liegen. Die Ausdünstung vom Ambra war so groß, daß die Luft des Zimmers, worinn er sich befand, beständig voll riechender Ambratheilchen war, die sich vom Stücke losrissen, und in die Luft übergiengen, welche zugleich unaufhörlich durch frische Luft von aussen abgewechselt, da selbst die neuangekommne eben so geschwind mit neuen Ambratheilchen geschwängert wurde. Diese Abwechslung der Luft dauerte nun 3½ Tag, und dennoch schien das auf der Wage liegende Stück Ambra nichts an seinem Gewichte verlohren zu haben.

I. Lehrsatz natürliche Theilung.

ben. Wie klein müssen also die unaufhörlich weggedünsteten Theile des Ambra seyn! Eben so behält ein Stück Löschpapier, worinn etwas Bisam gewickelt war, einige Jahre den Geruch des Bisams, und zwar in einem solchen Grade, daß es beständig nicht nur den nebenliegenden Sachen, sondern sogar dem Kasten, wo es aufbehalten wird, seinen Geruch mittheilt. So eine Theilung kann aber die Kunst bey weiten nicht bewirken. Zweytens dienen uns zum Beweise so einer außerordentlichen natürlichen Theilung die erstaunlich kleinen Infusionsthierchen, die wir in verschiedenen Flüßigkeiten mittels des Mikroskops beobachten, wie selbe **Leeuwenhöck** in dem auf Peffer gegossenen Wasser beobachtet hatte, wovon eines dem körperlichen Inhalte nach zu jenem eines Sandkörnchens war, wie 1000000000 : 1. Wenn nun das Thierchen, welches lebt, sich nähret, bewegt und andere thierische Verrichtungen äußert, schon tausend Millionenmal kleiner als ein Sandkörnchen war, wie weit mehr Bewunderung und Erstaunung muß demnach die außerordentliche natürliche Feinheit seiner Knorpeln, Sehnen, Bänder, Muskeln, anderer Bewegungswerkzeuge seiner Eingeweide und Blutgefässe in uns erwecken.

§. 17.

II. Lehrsatz künstliche Theilung.

Obwohl man durch die chemische Theilung zu jenem Grad der Feinheit der Theile, wie ihn die Natur in ihrer Theilung erreicht

(S.

(§. 16.) nie gelangen kann, so ist sie doch beynahe gränzenlos, und unserm Forschungsgeist unerschöpflich, gleichwie auch die mechanische Theilung, wenn man Müh und Geduld nicht sparet, bis zur Erstaunung kann fortgesetzt werden, bis uns endlich die Stumpfheit unserer Werkzeuge stehen zu bleiben zwinget. Zum Beweise dieses Satzes dienen folgende Versuche.

Versuche mit der chemischen Theilung.

1ster **Versuch.** Man löse einen Gran Kupfer im Salmiakgeist oder im Scheidewasser auf. Die Auflösung des Kupfers im Salmiakgeiste färbt 392 Kubickzoll Wasser mit einer sehr schönen blauen Farbe; so wie die Auflösung des Kupfers im Scheidewasser eben so viel gemeines Wasser grün färbt. Nun aber rechnet man auf jeden Kubickzoll, eine Millione kleiner Theile von der Größe eines Sandkörnchens. Wenn sich also in jedem solchen Wassertheilchen nur Ein Theilchen Kupfer befindet, so folgt, daß der Gran Kupfer in 392 Millionen Theile zerfallen sey.

2ter **Versuch.** Ein Gran Karmin färbt 16 Maaß Wasser, so, daß man in der ganzen Masse nicht einen Tropfen antrift, der nicht sichtbar gefärbt wäre, folglich mehrere Theile des Karmins unter sich vertheilt hätte. Vergleichen wir nun das Gewicht der ganzen Massewasser mit jenem des Karmins, so werden wir diese außerordentliche Menge der Theile, in welche dieser Gran Karmin zerlegt

wur-

wurde, mit Erstaunen betrachten. Eine Maaß Wasser wiegt ungefähr 4 Pfund; jedes Pfund hat 7680 Gran; also hat die Quantität Wasser 491520 Gran. Jeder Gran Wasser hat wenigstens 100 sichtbare Theile. Jeder dieser Theile war wenigst mit 10 Theilen vom Karmingrane gefärbt; folglich ist der Gran Karmin wenigst in 491520000 Theile zerlegt worden.

3ter **Versuch.** Eine Unze Lavendelgeist, oder anderer riechender Liquoren, die in einer Dampfkugel durch eine untergesetzte Lampe in Dünste aufgelöst worden, erfüllten einen ganzen Saal mit riechbaren Theilen. Wenn nun der Saal 50 Füsse lang, 30 Füsse breit und 20 hoch ist, so giebt das Produkt dieser drey Maase den Inhalt des Saales in Kubickfüssen von 50 x 30 x 20 = 30000. Es hat aber jeder Kubickfuß 20736 Kubicklinien; jede Kubicklinie aber wenigst 100 riechbare Theile; mithin ist die Unze Lavendel in 30000 x 20736 x 100 = 62208000000 Theile geschieden worden. Eben so erfüllt auch ein Tropfen Näglöl auf einem Stückchen Zucker ins Wasser versetzt; ein Gran Weinrauch, und noch mehr Teufelsdröck (afa foetida) einen ganzen Saal mit riechenden Theilen.

Die Kunst hat es auch in der Feinheit ihrer Arbeiten sehr weit gebracht. So zeigt man in Kunstkabineten eine Kanone mit aller Zugehöre, die von einem Flohe gezogen werden kann: elfenbeinene Pokale in einem Pfefferkorn, in welchem noch 1200 kleinere stecken,

und

und jeder am Rande vergoldet ist; sehr feine Ketten, und Schriften, die nur mit dem Vergrößerungsglase zu lesen sind. Auch die Dehnbarkeit der Metalle überzeugt uns von der Feinheit der Körpertheile, die wir mittels der mechanischen Theilung erhalten.

Versuche mit der mechanischen Theilung.

1ster **Versuch.** Ein Gran Gold wird durch das Schlagen zu Blattgold in 50 Quadratzolle ausgedehnt. In jedem Quadratzoll kann man sehr leicht 200 Theile voneinander unterscheiden, so erhalten wir 10000 gleiche Quadrate, deren jeder $\frac{1}{200}$ Theil eines Zolles zur Seite hat, und dies zwar auf beyden Seiten: folglich haben wir schon 20000 Theile. Wenn wir jeden dieser Theile unter dem Vergrößerungsglase betrachten, so kann man in jedem derselben noch viel mehrere Theile genau unterscheiden; mithin kann ein Gran Gold durch Schlagen in viele Millionen Theile getheilt werden, und in noch weit mehrere durch Vergolden.

2ter **Versuch.** Bey der Verfertigung der Goldtressen wird eine Silberstange von 22 Zoll lang, und 15 Linien dick mit einer einzigen Unze Goldes überzogen. Diese vergoldete Stange wird mit Gewalt durch mehrere runde Löcher in stählernen Blatten gezogen, wovon das nachstehende kleiner ist, als das vorhergehende. Die Stange wird dadurch nach und nach dünner und länger. Dabey bleibt die Oberfläche noch immer mit Gold bedeckt, und das Silber geht aus dem innern nie unvergoldet hervor,

bis

bis zuletzt die ganze Stange von 43 Mark ein sehr feiner ganz vergöldeter Silberfaden wird, der eine Länge von 1164000 Pariserschuhen hat. Diese Schuhe zu Zoll und dann zu Linien gemacht, geben eine Länge von 167616000 Linien. Nun beobachten wir in jeder Linie mit bloßem Auge wenigst 12 Goldtheile; mithin ist die ganze Länge des Drathes mit 2011392000 sichtbaren Goldpunkten belegt, und folglich die Unze Gold in so viele sichtbare Theile zerlegt worden. Nachhin wird dieser Drath erst durch Walzen gezogen, und noch um den siebenden Theile verlängert; also wird er itzt 2298734000 sichtbare Punkte auf seiner Oberfläche weisen.

3ter **Versuch**. Ein einfacher Seidenfaden ist so dünn, daß er bey einer Länge von 360 Schuhen nur ein Gran wiegt, da nun der Zoll noch in 600, mithin der Schuh in 7200 Theile kann zerschnitten werden, deren jeder noch die Größe einer Haardicke hat, und also dem freyen Auge noch sichtbar ist, so folgt, daß man durch Zerschneidung dieses Fadens eine Gran Seide in $360 \times 7200 = 2592000$ sichtbare Theile zersetzen könne.

Schlußfolge. So außerordentlich groß auch die **künstliche Theilung** gefunden wird, so kann man doch die Feinheiten der **Kunst** jenen der **Natur** nie an die Seite setzen. Man vergleiche die vorgehende Beyspiele der **natürlichen** Theilung mit den Versuchen der **künstlichen**, besonders **mechanischen**

Thei=

Theilung. Man sehe den Steigbügel in dem thierischen Gehörwerkzeuge, und jenen der Kunst; den Stachel einer Biene und die feinste Nadelspitze nebst vielen anderen Dingen, und wir werden mit Verehrung unser Haupt vor den Meisterstücken der Natur beugen, und sie bewundern.

§. 18.

Die Gränzen der physischen Theilung.

Aber aus allen dem, was ich itzt von der physischen Theilung angezeigt habe, läßt sich noch nicht folgern, daß sie ohne Gränzen sey: sondern sie führt uns vielmehr selbst auf Gränzen; da zuletzt die Theile so fein werden, daß sie allen unsern Sinnen entgehen, und keine weitere Möglichkeit der Behandlung mehr zulassen. Sind nun aber die äußerst möglichsten Gränzen der physischen Theilung Atomen, d. i. untheilbare Bestandtheile, die selbst noch ausgedehnt, ohne Zwischenräume, undurchdringlich, hart, in Gedanken zwar theilbar, aber ihrer Natur nach ganz untheilbar sind? Oder sind diese Gränzen Monaden, d. i. ganz einfache, unausgedehnte und unkörperliche Dinge? Diese Frage hängt mit der Vorstellung zusammen, die wir uns von dem innern Wesen der Materie in der Metaphysik machen, und liegt also außer dem Gebiete der Physik. So viel ist gewiß, daß wir in der wirklichen Theilung wohl bis auf Theile kommen, die zwar aus unsern Sinnen verschwinden, aber doch noch bey weiten nicht einfach, sondern weit eher im Gebiete der Atomen, als Monaden sind, die das wesent-

liche der Materie, die Ausdehnung nämlich, noch beybehalten, und sich durch physische Kräfte nicht mehr trennen lassen. Der Physiker, der sich ohnehin nur mit sinnlichen Erscheinungen beschäftigt, bleibt am besten beym atomistischen Systeme stehen, welches mit diesen Erscheinungen die meiste Uebereinstimmung zeiget. Da er doch das Daseyn der Materie (§. 2.) annehmen muß, und in allen ihren Theilen das Materiele wieder findet, so kann er fast nicht umhin, dasselbe auch an den letzten Theilungsgränzen zu vermuthen, und sich in diesem Sinne Atomen zu denken. Ob aber diese in Gedanken zwar noch theilbare, aber für physische Kräfte ganz untheilbare Atomen ihrer Wesenheit nach ausgedehnet sind, und auch nicht durch höhere Kräften, als jene der Natur sind, weiter getheilt werden können? ist eine Frage für Metaphysiker; die weiter geht, als der Schöpfer hier dem Menschen zu sehen vergönnt hat. Der Metaphysiker täuscht sich dabey mit dem Wahne, etwas zu wissen, welchem der weisere und bescheidene Physiker ein offenherziges Geständniß der Unwissenheit weit vorzieht.

Nutzen. * Die Natur bereitet durch die physische Theilung den Thieren und Pflanzen ihre Nahrung; erzeugt aus der Zerstörung eines Körpers wieder einen neuen; treibt durch Ausdünstungen böse Feuchtigkeiten weg; erquickt uns mit Geruch und Geschmacke; die Kunst bereitet uns dadurch Heilungsmittel, Farben, Silber- und Goldmünzen u. dgl. m.

§. 19.

§. 19.

So bald wir einen Körper durch mechanische Mittel zertheilen wollen, so finden wir, daß eine gewisse **Kraft** dazu erfodert werde, die sich in selbem der **Trennung** seiner Theile entgegensetzt. Diese der Trennung der Theile entgegenwirkende Kraft woher sie immer kommen mag, erhält die Körpertheile in einer solchen Verbindung, vermög welcher selbe ein wirkliches Ganzes, eine stättige Größe bilden. So eine Verbindung der Körpertheilchen aber nennt man gemeiniglich die Cohäsion, den **Zusammenhang**, der entweder durch Druck einer äußern Materie, oder durch Anziehung bewirkt werden kann. Der große **Neuton** belegt dieß Phönomen mit dem Worte **Anziehung**, nicht in der Absicht, um selbes aus einer anziehenden Kraft zu erklären, sondern nur das Phönomen auszudrücken. Mit dieser Einschränkung wird es auch mir erlaubt seyn, zuweilen das Wort **Anziehen** statt Cohäsion, und anderer ähnlichen Phönomenen zu gebrauchen; indem ich unter dem Worte **Anziehung** nichts anders, als Bestreben zur Annäherung verstehe; Bestreben aber zur Annäherung, und Widerstreben gegen Trennung oder Cohäsion, sind an sich so identische Phönomenen, und ihrer Natur nach so unzertrennlich miteinander verbunden, daß man sie nothwendig zu einerley Classe von Erscheinungen rechnen muß, sie mögen sich nun oder an den sich **berührenden Theilen** eines und eben desselben Körpers, oder an **nahen Körpern**, oder endlich an den **weiter entfernten**

Von dem Anziehen.

ten Körpern zeigen. In diesem Sinne begreift das Wort Anziehen, erstens die Cohäsion und Adhäsion, sowohl in der Berührung, als in der kleinsten Entfernung, und zweytens auch die Gravitation, Schwere, die auch schon in grösserer Entfernung wirkt, in sich.

Vom Zusammenhange.

Die Erfahrung lehrt uns, daß der Zusammenhang der Theile nicht in allen Körpern gleich stark sey, sondern nach der verschiedenen Art der Körper, nach verschiedenen Umständen, in welche der Körper versetzt wird, ebenfalls bald stärker, bald schwächer gefunden werde. Diese Stärke oder Schwäche des Zusammenhangs wird nach der Größe der Gewalt, die man anwenden muß, die Körpertheile zu trennen, geschätzt. Man pflegt daher jenen Körper fest (solidum) zu nennen, dessen Theile, um voneinander getrennt zu werden, eine beträchtliche äußere Gewalt fodern, und in dem kein Theil, so lang er mit den übrigen in Verbindung ist, bewegt werden kann, ohne zugleich auch die übrigen Theile damit zu bewegen, z. B. Metalle, Stein, Holz, Thon, Wachs, ehe ihr Zusammenhang durch den Zutritt des Wärmestoffes, oder einer andern Materie beträchtlich geschwächt wird. Ist hingegen der Zusammenhang eines Körpers so schwach, daß zur Trennung seiner Theile keine beträchtliche Kraft nothwendig gefunden wird, zugleich auch vor der Trennung ein Theil bewegt werden kann, ohne den ganzen Körper zu bewegen; dessen Theile aber doch noch auch unter

dem besten Vergrößerungsglase ein **wirkliches Ganzes**, eine stettige Größe ausmachen, so nennt man diesen Körper flüßig (fluidum) z. B. **Feuer, Luft, Wasser**, zum Fließen gebrachte **Metalle, Wachs** u. s. f. Daher der Unterschied eines flüßigen Körpers von einem **Pulver, Staub, Sand**- oder Getraidhaufen u. d. gl. Wenn in der Natur keine Kraft hinlänglich ist, die Theile eines Körpers zu trennen, oder seine Figur abzuändern, so ist dieser ein **vollkommen** fester Körper, dergleichen wir aber in der Körperwelt nicht finden. — Man sieht hieraus, daß Festigkeit und Flüssigkeit der Körper nur Modificationen des Zusammenhanges sind, und daß zwischen beyden keine bestimmte Grenzen angegeben werden können; beyde Begriffe sind relativ, und die Festigkeit geht zur Flüßigkeit, wie diese zu jener durch unmerkliche Grade über.

§. 20.

Daß alle feste Körper der Trennung ihrer Theile beträchtlich widerstehen, und also mit einer gewissen Kraft zusammenhangen, lehrt unmittelbare Erfahrung, und bedarf wohl keines andern Beweises. Da aber dieser Widerstand bey flüßigen Körpern sehr gering, und öfters gar nicht merkbar scheint, so wird es nicht überflüßig seyn durch Versuche zu beweisen, daß auch die **Theile aller flüßigen Körper mit einer gewissen Kraft, die nach Verschiedenheit des Flüßigen bald mehr bald minder wirket, zusammenhangen.**

Lehrsatz von dem Zusammenhange flüßiger Körper.

1ster

Versuche mit Feuer und Licht-materie.

1ster Versuch. Wenn man mit einer Messerschneide durch eine Feuerflamme durchfährt, so wird die Flamme nicht abgeschnitten, sondern sie beugt sich eher unter dem Messer, ehe sich ihre Theile trennen lassen. Stossen die Lichtstrahlen auf eine Messerschneide auf, so werden sie in etwas von ihrer Richtung abgeleitet; ohne daß die Lichttheilchen aufhören, ein zusammenhangendes Ganzes, eine stettige Größe auszumachen.

Mit Luft.

2ter Versuch. Das Pendel schwingt im luftleeren Raume nochmal so lange, als in der freyen Luft. — Leichte Körper z. B. Feder, Papier, Holzschichten u. d. gl. fallen im luftleeren Raume viel geschwinder als in der freyen Luft. Es müssen also die Lufttheilchen ihrer Trennung wiederstehen, und durch diesen Wiederstand oder Zusammenhang die Schwungkraft in dem Pendel, und die Geschwindigkeit des fallenden Körpers hemmen.

Taf. I. Fig. 2.

3ter Versuch. Eine messinge Dampfkugel A mit einer kleinen Oeffnung an der Seite B werde mit Wasser gefüllt, dann auf die Spitze C gesetzt, auf dem sie sich herumdrehen kann. In dem Schüßchen de werde Weingeist angezündet, wodurch die Wassertheile in Dämpfe aufgelöset, und aus der Oeffnung B herausgetrieben werden; die Kugel aber selbst dreht sich dabey immer rückwärts, oder nach der Richtung, die dem hervorspringenden Wasserdünsten entgegengesetzt ist, auf der Spitze herum.

4ter

4ter Versuch. Eine auf einer metallenen Spitze C, der auf einem gläsernen Untersatze befestigt ruht, bewegliche Erdkugel A werde sammt ihrer auf der Spitze O beweglichen Mondenkugel B elektrisiert, die elektrische Materie wird aus dem Spitzen e und f auszuströmmen anfangen, und die Kugel A wird sich unter dem elektrisieren eben so um ihre Spitze C, wie die Kugel B um ihre Spitze O im Kreise beständig herumdrehen; aber nach der entgegengesetzten Richtung des Ausströmens der elektrischen Materie. Taf. I. Fig. 3.

5ter Versuch. Eine an ihrem Schwerpunkte auf einer Metallspitze C, die auf einen gläsernen Fuß d e ruht, liegende, bewegliche, und wie ein S gebogene Nadel A werde auf gleiche Weise elektrisiert; die elektrische Materie strömt aus den beyden Spitzen der Nadel A hervor, während die Nadel in voller Bewegung auf der Spitze C immer rückwärts herumgedreht wird. Die ausströmenden Wasserdämpfe im dritten Versuche, und die ausströmende elektrische Materie in den 4ten und 5ten Versuche müssen nothwendig die Lufttheilchen auseinander trennen; diese aber müssen dem Ausströmen, oder ihrer Trennung wiederstehen, und durch diesen Widerstand die Kugeln, und Nadeln rückwärts, oder nach entgegengesetzter Richtung bewegen. Es hangen also auch die Lufttheile mit einer gewissen Kraft zusamm. Taf. I. Fig. 4.

Mit Wasser. 6ter Versuch. Es wurden zwey Pendel in gleichen Winkeln gehoben, und dann zugleicher Zeit losgelassen. Das eine bewegte sich im Wasser, das andere in der Luft. Das erste verlor nach einigen Schwingungen gänzlich seine Bewegung, da hingegen das andere in der Luft noch eine geraume Zeit seine Schwingungen fortsetzte. Der schnelle Verlurst der Bewegung des im Wasser schwingenden Pendels ist nur daraus erklärbar, weil das Wasser der Trennung der Theile mehr widersteht als die Luft, und mithin das Wasser durch den grössern Widerstand des Zusamenhanges die Bewegung des Pendels eher aufhebt, als der Widerstand der Luft, und daß mithin die Wassertheile stärker zusammenhangen, als die Lufttheile.

Schlußfolge. Nicht nur dir festen Körper, sondern auch Feuer, und Lichtmaterie, Luft und Wasser, mithin auch alle übrigen flüßigen Körper hangen mit einer gewissen Kraft, die der Trennung der Theile bald mehr bald minder widersteht, zusammen, und machen dadurch ein wirkliches Ganzes, eine stettige Grösse, einen bestimmten Körper aus.

§. 21.

II. Lehrsatz von der Stärke des Zusamenhangs. **Die Stärke des Zusammenhangs oder des Anziehens ist mit der Menge der kleinsten Berührungstheile im Verhältnisse.** Dieser Satz gründet sich auf unläugbaren Beobachtungen, und Versuchen.

1ste

1ste Beobachtuug. Die Tücher werden durch das Walken, wodurch die Menge der Berührungstheile vermehrt wird, nochmals so stark als sie vorher waren. Beobachtungen.

2te Beobachtung. Die Faden und Stricke sind um so viel stärker, je aus feinern Zasern, die sich um so mehr einander berühren können, sie zusammengedreht sind.

3te Beobachtung. In einer Sandschichte berühren sich die Körner an wenigen Stellen, und würden so vielleicht Jahrhunderte lang unverändert Sand bleiben. Man setze aber, daß sich Wasser durch so eine Schichte durchseihe, welches kleinere Sandkörnchen, oder andere Körpertheilchen zwischen die größern führt, und noch kleinere zwischen jene; wodurch die Menge der Berührungspunkte mit Verlaufe der Zeit immer vergrößert, und also der Zusammenhang zuletzt so stark wird, daß die ganze Masse zu Stein umgeschaffen wird.

Auf eine ähnliche Art bereiten wir unser Mauerwerk. Wir vermischen den Sand mit Kalk, den das Wasser zwischen die Sandkörner führt, und der nach verdünsteten Wasser eine Menge Berührungstheile giebt. Dieser versteinerte Sand hängt sich aus gleicher Ursache an die Steine und Ziegel, und verbindet das ganze Gebäude. Wenn eine Mauer wohl zubereitet, und an ein kalkartiges Erdreich ge-

lehnt ist, daß die Feuchtigkeit eindringen, und in ihre kleinen Zwischenräume noch feinere Materien führen kann, so wird sie mit der Zeit wie Felsen so fest. Vielleicht hat der Mörtel der Alten seine große Festigkeit blos der Zeit zu verdanken. Was hier die Kunst bewirkt, thut auch die Natur; die Breccia, oder das zusammgebackene Gestein ist ein natürliches Mauerwerk.

Versuche mit festen Körpern unter sich.

1ster **Versuch.** Zwo glatte, und gut aufeinanderpassende bleierne Halbkugel: zwo polierte marmorne, messingene und gläserne Platten hängen durch bloßes Aufeinanderdrücken mit ihren glatten Flächen schon zusammen, und zwar desto stärker, wenn die bleyernen, marmornen und messingern Platten erwärmt, und dann in ihren Flächen mit Fette bestrichen, die Gläsern aber naßgemacht werden.

2ter **Versuch.** Zwo runde marmorne, bleyerne, messingene oder gläserne Platten von 2 Zoll im Durchmesser hangen nochmal so stark zusammen, als zwo eben solche Platten vom 1 Zoll im Durchmesser.

3ter **Versuch.** Man bestreiche eine wohlgereinigte Kupferstichplatte mit Baumöl, und Hochmetall; nachdem das Hochmetall ausser dem Stiche wieder wohl abgewischt ist, gieße man den mit Wasser aufgelösten Gips auf die Platte: nach einiger Zeit, da das Wasser verdünstet ist, tretten die Gipstheile aus eben dem Grunde wie vorhin bey dem Mörtel

(3te Beob.) anbemerket worden, in eine feste Verbindung theils unter sich, theils mit dem aufgetragenen Hochmetalle, und gestalten den feinsten Kupferabdruck.

4ter **Versuch.** Drey plangeschliffne, runde, gläserne Scheiben, deren eine 6, die andere 4, die dritte 2 Zoll im Durchmesser hat, werden eine nach der andern wie Wageschüßeln an einen Wagebalken aufgehangen, und so mit der Oberfläche des Wassers in Berührung gebracht. Die Stärke des Zusammenhanges dieser Scheiben mit dem Wasser oder die zu ihrer Trennung vom Wasser nothwendige Kraft steht mit dem Flächeninhalte, oder mit der Menge der berührenden kleinsten Theile genau im Verhältnisse.

Versuche mit festen Körpern in der Verbindung mit Flüssigen.

Schlußfolge. Die Stärke des Zusammenhanges wächst allgemein, **erstens** im Verhältniß der Politur der sich berührenden Flächen, wobey das dazwischen gebrachte Flüßige das ersetzt, was der Politur an Vollkommenheit gebricht; **Zweytens** im Verhältniß mit dem Berührungsflächeninhalte; mithin auch nothwendig im genauen Verhältniß mit der Menge der kleinsten sich berührenden Theilchen.

Diesen Satz macht die allgemeine Uebereinstimmung aller Beobachtungen, und Versuche zum Naturgesetze, aus welchem das Zusammenleimen, Kitten, Verzinnen, Löthen, Zusammenschweißen und

tausend

tausend andere ähnliche Verfahrungsarten erklärbar werden.

§. 22.

III. Lehrsatz vom Verhältniß des Zusammenhangs mit der Dichtigkeit.

Die Stärke des Zusammenhanges behauptet nicht allgemein das genaue Verhältniß mit der Dichtigkeit der Körper. Denn nicht allezeit haben die Dichtesten auch den festesten Zusammenhang, wie aus folgenden Beobachtungen und Versuchen erhellet.

Beobachtung. Wir finden im Gold und Bley eine größere Dichtigkeit, als im Diamant, und andern Edelsteinen; und doch ist der Zusammenhang im Golde, Bley u. s. f. schwächer, als bey dem Diamant, und den anderen Edelsteinen.

Muschenbröcks (a) Versuche.

1ster Versuch. Man verfertige aus allen Gattungen der Metalle gleich dicke, und gleich lange Dräthe, derer Durchmesser durchgängig 0, 1 rheinländ. Zoll beträgt, und untersuche, wie viel Gewicht erfodert werde, dieselben zu zerreißen. Man bemerke aber auch zugleich das Verhältniß ihrer Dichtigkeit untereinander nach Muschenbröcks, und anderer Naturforscher Methode, die das Regenwasser als eine Einheit annahmen, nnd darnach die übrigen Körper klassificierten; (davon an einem andern Orte weitläufiger) das Resultat dieser Versuche wird seyn:

Zusam-

(a) Introductio ad Philosophiam natural. Tom. I. cap. 21. §. MCXXIX, & seqq. de firmitate metallorum.

Zusammenhang.			Dichtigkeit.
Der Drath vom reinsten Golde brach nach angehangtem Gewichte			Des Wassers zu jener des reinsten Goldes ist wie 1
von	500 tt.	—	zu 19,640
vom Silber	370 —	—	— 11,091
— Bley	29,25 —	—	— 11,310
— deutschen Eisen	450 —	—	— 7,645
— reinsten Zinn	49,25 —	—	— 7,320

Aehnliche Versuche machte Muschenbröck (b) mit viereckichten 0,27 rheinländischen Zoll breiten Stäbchen von verschiednem Holze, und erfuhr den

Zusammenhang.			Dichtigkeit.
Stäbchen vom Tannenholze brach nach angehängtem Gewichte mit	tt. 600		Des Wassers zu jener des Tannenholzes wie 1 : 0,550
von Eichen	— 1150	—	0,929
— Ulmen	— 950	—	0,600
— Buchen	— 1250	—	0,854
— Eschen	— 1250	—	0,845

Schlußfolge. Diese Versuche beweisen deutlich, daß der Zusammenhang der Körper nicht immer

(b) Libro cit. §. MCXXVII. de firmitate lignorum.

mer genau im Verhältnisse mit der Dichtigkeit sey. Denn der Zusammenhang des Bleydrathes wird schon durch das Gewicht von 29 tt. gehoben, jener des Eisendrathes hingegen erst durch 450 tt. mithin ist der Zusammenhang im Eisen stärker als im Bley, und zwar wie 450 : 29 obwohl die Dichtigkeit des Bleyes größer als jene des Eisens, und zwar wie 11,7 gefunden wird. — Buchen und Eschen haben bey ungleicher Dichtigkeit doch gleich starken Zusammenhang.

2ter **Versuch.** Man hänge zwo runde gleich große Platten eine von Eisen, die andere von Zinn eine nach der andern an einem Wagebalken gleich einer Wageschüssel auf, bringe selbe mit der andern Wageschale ins Gleichgewicht, und setze sie so auf die Oberfläche des Quecksilbers; nach der Untersuchung, wie viel Gewicht nothwendig sey, beyde Platten vom Quecksilber zu trennen, findet man, daß der Zusammenhang der Zinnplatte mit dem Quecksilber härter zu heben sey, als jener der Eisenplatte, obwohl das Eisen dichter ist, als das Zinn.

3ter **Versuch.** Man setze auf die vorige Art eine gläserne Scheibe, **erstens** auf die Oberfläche des Quecksilbers, **zweytens** auf jene des Wassers, und **drittens** auf jene des Weingeistes. Der Zusammenhang der gläsernen Scheibe mit dem Wasser wird am stärksten, geringer beym Quecksilber (obwohl Quecksilber dichter als das Wasser ist) und am geringsten beym Weingeiste seyn.

Schluß-

Schlußfolge. Aus den zween letzten Versuchen wird unläugbar bewiesen, daß zwar die Stärke des Zusammenhangs verschiedner fester Körper mit eben dem flüßigen verschieden sey, je nachdem nämlich die Gestalt der feinsten Theilchen in der Oberfläche des festen die flüßige Materie an mehr oder wenigen Punkten zur Berührung läßt. Daß aber dem ungeachtet ihr Zusammenhang selbst nicht genau mit der Dichtigkeit der festen oder flüßigen Körper in Proportion stehe.

Einwurf. Ist denn aber die Menge der Berührungstheile nicht im genauesten Verhältnisse mit der Dichtigkeit der Körper, d. i. in dichtern Körpern immer grösser, als in weniger dichten; und mithin auch die Stärke des Zusammenhanges im Verhältnisse mit der Dichtigkeit? Antwort. Die Erfahrung macht dieß Verhältniß zwischen der Menge der Berührungstheile, und der Dichtigkeit der Körper nicht allgemein geltend; denn es kann gar wohl die Menge der allerkleinsten Berührungstheile in einem Körper, z. B. Diamant namhaft groß, und also dessen Zusammenhang sehr stark seyn, da hingegen seine größern Theile, vermög ihrer Figur weiter auseinander liegen, mithin einen minder dichten Körper gestalten als z. B. Gold ist, in welchem die Menge der allerkleinsten Berührungstheile nicht so groß sind; hingegen die etwas größern Theile näher beysamm liegen, und auf solche Art einen dichtern Körper gestalten, als Diamant ist. Dadurch wird faßlich,

daß

daß der Zusammenhang zwar im Verhältnisse mit der Menge der kleinsten Berührungstheile sey, nicht immer aber mit der Dichtigkeit, außer im Falle, wo größere Dichtigkeit, und eine größere Menge der kleinsten Berührungstheile zugleich im Körper vorhanden sind.

§. 23.

IV. Lehrsatz von dem Zusammenhange auf eine sehr kleine Entfernung.

Die Körpertheile ziehen sich nicht nur bey einer großen Menge der Berührungstheile (vorig. §.) **sondern auch schon in einer sehr kleinen Entfernung merklich einander an**, und machen sodann durch ihren Zusammenhang auch in einer kleinen Entfernung einen stättigen Körper aus. Denn es hangen zwo Glas = oder Metallplatten auch in dem Falle noch mit vieler Kraft zusammen, wenn man zwischen ihren Oberflächen einen einfachen Seidenfaden, oder düne Papierabschnitte legt, welche die unmittelbare Berührung der Theile hindern. — 2. Zween Wassertropfen ziehen sich auch schon in einer sehr kleinen Entfernung einander an, so wie sich auch ein Wassertropfen dem annahenden Finger in einer sehr kleinen Ferne zu nähern bestrebet.

§. 24.

Von dem Anhangen Adhäsion.

Wenn zween verschiedenartige Körper bey ihrer Berührung sich so miteinander verbinden, oder auch in sehr kleiner Entfernung sich so einander zu nähern suchen, anziehen, daß sie sich ohne äußere Kraft nicht mehr trennen lassen, so sagen wir, ein Kör-

per

per hange sich an den andern an. Hauptsächlich wird diese Redensart gebraucht, wenn von den zween Körpern der eine flüßig, der andere fest ist: und man sagt alsdann, daß sich der flüßige an dem festen anhänge, und so der feste naß oder benetzt werde. Das anhängende Flüßige geht nicht herab, bis es durch eine äußere Kraft durch Abwischen oder Wärme u: s. f. weggenommeu wird, das wir abtröcknen heißen.

Bey dem Anhängen oder bey der Adhäsion ziehen sich die Theile eben so wie bey der Kohäsion (§§. 21. und 23.) in der Berührung, und in einer sehr kleinen Entfernung nach den nämlichen Gesetzen an. Z. B. man senke einen festen Körper, Holz, Metall, u. d. gl. ins Wasser, so wird selber naß herausgezogen. Alle dergleichen Benetzungen fester Körper sind Beweise des Anhangens bey einer vorgehenden Berührung. Das Wasser und andere dergleichen Flüßigkeiten ziehen sich auch in Schwämmen, Löschpapieren, in Haarröhrchen, zwischen zwo Glasplatten u. d. gl. nach und nach in die Höhe; dieß sind Beyspiele einer Adhäsion oder Anziehung auf eine sehr kleine Entfernung.

§. 25.

Nicht alle flüßigen Materien hängen sich an alle festen Körper an, das heißt, nicht alle flüßigen Körper benetzen jeden festen. Zur Bestättigung dienen folgende Versuche.

I. Lehrsatz vom Anhängen bey einer vorgehenden Berührung.

1ster

Versuche. 1ster Versuch. a) Wenn ich den Finger, Glas, Metall, Stein, Holz u. d. gl. ins Wasser senke, und dann wieder herausziehe, so findet man den eingetauchten Finger naß, d. i. das Wasser ist am festen Körper hangen geblieben. b) Läßt man auf eben vorhin angezogene feste Körper einen Tropfen Wasser herabfallen, so wird der Tropfen auf selben zerfließen, und sich an den festen Körper anhängen, so, daß man selben nicht wegnehmen kann, ohne einen nassen Weg, oder Flecken zurückzulassen.

2ter Versuch. a) Versenkt man hingegen einen festen Körper, dessen Oberfläche mit Fette oder Hexenmehl oder anderem Staube überzogen ist, ins Wasser, so findet man den herausgezogenen festen Körper gar nicht naß, das heißt, das Wasser hängt sich an selben nicht an. — b) Auch der Wassertropfen wird auf einem mit Fette beschmierten, oder mit Hexenmehl oder anderen Staube bestreuten Körper nicht zerfließen, sondern in seiner runden Gestalt darüber hinrollen, ohne einen nassen Weg, oder Spuren zurückzulassen.

Schlußfolge. Wasser hängt sich an alle festen Körper, d. i. benetzt alle festen Körper, nur jene nicht, die mit Oel, Fette bestrichen, oder mit Hexenmehl oder Staube bestreut sind. Hieraus erklärt man sich leicht, warum man a) im gemeinen Leben Schlößer, Gewehre, Beschläge mit Fette gegen Rost zu verwahren suche: b) warum von der

ver-

verarbeiteten Wolle, z. B. Tüchern die Fette durch Walkererde abgesöndert wird, um dieselben besser färben zu können u. s. w.

3ter Versuche. Wenn man ein in Quecksilber getauchtes Bley, Zinn, Gold, Silber oder anders Metall, außer Eisen herauszieht, so wird es davon benetzt, d. i. das Quecksilber hängt sich an selbe an. — b) Wenn man einen Tropfen Quecksilber auf diese Metalle fallen läßt, so wird selber zerfließen, an selbe ankleben, und nicht weggewischt werden können, ohne nasse Spuren seines Daseyns zurückzulassen.

4ter Versuch. a) Versenkt man aber einen Finger, Glas, Eisen, Holz, Stein u. s. f. ins Quecksilber, so werden selbe unbenetzt herausgezogen, d. i. das Quecksilber wird an selbe nicht ankleben, sondern darüber hinrolleu, ohne nasse Spuren zurückzulassen.

Schlußfolge. Quecksilber hängt sich nur an die Metalle (Eisen ausgenommen) d. i. macht nur die Metalle naß, nicht aber andere Körper die auch vom Wasser benetzt werden. — Mithin hängen sich nicht alle flüßigen Materien an alle festen Körper an: oder, nicht alle flüßigen Materien benetzen alle festen Körper.

§. 26.

§. 26.

II. Lehrsatz von dem Verhältnisse des Anhängens mit der specifischen Dichtigkeit od. Schwere der Körper.

Meistens hangen sich Flüßigkeiten nur an jene festen Körper an, die specifisch schwerer und dichter sind, als das Flüßige selbst; nicht aber so leicht an solche, die specifisch leichter und nicht so dicht sind. Daher schwere Flüßigkeiten, wie Quecksilber, sich nur an die schweresten und dichtesten Metalle, Gold, Silber, Bley u. s. f. anhängen: leichte Flüßigkeiten aber, wie Wasser, an alle festen und specifisch schweren Körpern hangen bleiben. Doch ist dieser Satz, daß das Anhängen wie das Zusammenhangen im Verhältniß der größern specifischen Dichtigkeit oder Schwere der festen Körper stehe, nicht allgemein geltend, und so zum Naturgesetze zu machen; weil die Erfahrung nicht allgemein damit übereinstimmt. Denn Wasser hängt sich auch an Holz an, obwohl dieses specifisch leichter und nicht so dichte ist. — Quecksilber hängt sich auch an Zinn, Messing an, die gewiß specifisch leichter und lockerer sind, als Quecksilber. Es muß also in der Natur ein anderes Gesetz liegen, nach welchem sich eine flüßige Materie allgemein nur an den Körper A, nicht aber an den Körper B anhängt. — Der wahrscheinlichere Grund dieses Phönomens kann nun eben so, wie jene des verschiednen Zusammenhanges in der Gestalt der Oberfläche der festen Körper liegen, die von der Figur ihrer kleinsten Theile abhängt, und nach welcher der feste Körper die flüßige Materie in mehr oder wenigern Punkten berührt. Denn so oft sich

Theile

Theile der flüßigen Materie an einen festen Körper anhangen, so müssen sie durch die Oberfläche des festen von der flüßigen Masse losgerissen werden, damit in Verbindung treten, und von selber stärker angezogen werden, als sie sich selbst anziehen: hängen sie sich aber an des Festen Oberfläche nicht an, so kann man folgern, daß sich die flüßigen Theile stärker einander anziehen, als sie von der eingetauchten Oberfläche des Festen angezogen werden. Nun aber ist das Anziehen, oder der Zusammenhang fester, und flüßiger Körper unter sich allgemein im genauen Verhältnisse mit der Anzahl der kleinsten sich rührenden Theilchen; also muß auch das Anhängen der flüßigen Materien im nämlichen Verhältnisse seyn.

Erklärung besonderer Phönomenen.

Aus diesem Grunde sind nun noch mehrere dergleichen Naturerscheinungen erklärbar, z. B. a) Warum der Wassertropfen auf allen Oberflächen der Körper, au die es sich gemeiniglich anhängt, die fetten und staubichten ausgenommen, die Quecksilbertropfen auf allen Metallen, an die sich das Quecksilber anhängt, hingegen nicht auf Holz, Stein, Eisen u. s. f. zerfließen.

b) Warum die Oberfläche des Quecksilbers an den Wänden des Glases vertieft, und in der Mitte erhaben, hingegen in einem metallenen Gefäße in der Mitte vertieft stehe. — Warum jene des Wassers in der Mitte vertieft, und am Rande erhaben

sey

sey, im Fall nicht das gläserne Gefäß mit Fett beschmiret, oder mit Staube bestreut ist.

c) Warum hohle Glaskügelchen auf der hohlen Oberfläche einer flüßigen Materie nach dem Rande hingehen, im Gegentheil den Rand einer erhabenen Oberfläche fliehe.

d) Warum so hohle Glaskügelchen im Wasser sich einander nähern, hingegen nicht im Quecksilber.

e) Warum Wasser in ein gläsernes Gefäß gegossen, leicht am äußern Rand des Gefäßes herunterläuft; nicht so leicht aber das Quecksilber aus metallenen Gefäßen. Alle dergleichen Erscheinungen folgen genau dem vorhin angegebenen Grunde der Adhäsion, nach welchem die Theile der flüßigen Materie im Verhältnisse der sich berührenden kleinsten Theilchen unter sich stärker oder schwächer zusammen hängen, als mit jenen des festen Körpers.

§. 27.

Adhäsion oder Anziehung in einer sehr kleinen Entfernung.

Wenn sich die Adhäsion, das Anhängen vor der Berührung, d. i. in der Ferne schon zeigt, so nennt man sie eigentlicher **Anziehung, Attraktion**, und versteht hierunter das Phönomen der Körperwelt, wo Körper sich einander nähern, oder sich zu nähern streben, ohne daß man eine äußere in die Sinnen fallende Ursache, einen Druck, Stoß u. dgl. dabey gewahr wird, z. B. wenn man zween Wassertropfen recht nahe aneinanqer bringt, so ziehen

sie

sie sich schon in einer, obwohl sehr kleinen Entfernung einander an, ohne daß man eine äußere Ursache davon bemerkte. Zu Beyspielen dieser Attraktion dienen uns Eindringen des Wassers in Schwämme, Zucker, Sandschichten, Löschpapier; das Einsaugen der Nahrungssäfte in Pflanzen, das Aufsteigen der ölichten Theile im Lichtdachte, und endlich auch folgende Versuche:

1ster Versuch. Wenn Glasröhre, die alle sehr enge Oeffnungen haben, deren Durchmesser nicht über $\frac{1}{10}$ eines rheinländischen Zolles beträgt, mit einem Ende auf die Oberfläche des Wassers gesetzt werden, so steigt das Wasser in diesen Röhren über den Gleichheitsstande, so, daß es in den Röhren höher stehe, als in dem Gefäße, in welchen die Röhre eingesenkt sind. Versuche.

2ter Versuch. Zwischen zwo Glasplatten, die einen sehr spitzigen Winkel machen, steigt das Wasser in die Höhe, und bildet eine krumme Linie, die die Gestalt einer umgewandten Hyperbel hat, und den Streit zwischen dem Gewichte, dem Zusammenhange, und dem Anhängen seiner Theile an das Glas sehr deutlich zeiget; wie das Eindringen des Wassers in Schwämm und Löschpapier, und das Einsaugen der Nahrungssäfte in die Pflanzen der Attraktion zuzuschreiben ist; denn die flüßigen Theile äußern merklich ein Bestreben, sich an die festen Theile anzuhängen, und sich selben zu nähern, eben

so, als wenn sie von den festen Theilen angezogen würden.

§. 28.

Attraktionsgesetze bey Haarröhrchen vom Glase, und andern verschiedenen Materien.

I. Lehrsatz. Nicht alle Flüßigkeiten steigen in allen Röhren von verschiedener Materie in die Höhe: sondern allgemein nur in solchen, an derer Oberfläche das Flüßige bey der Berührung hangen bleibt.

Wird bewiesen aus Versuchen. 1ster Versuch. Stellt man verschiedene kleine Glasröhrchen mit sehr engen Oeffnungen, und an beyden Enden offen, auf die Oberfläche des Wassers; so steiget dieses in die Höhe über den Gleichheitsstand; wenn die Röhrchen wohl vom Schmutze und Fette gereinigt sind. Sind sie aber innerhalb fett, oder schmierig, so steigt es nicht in die Höhe.

2ter Versuch. Setzt man ein feines hohles metallenes Haarröhrchen auf die Oberfläche des Quecksilbers, so wird dieses ebenfalls in die Höhe steigen: gleichwie sich bey der Adhäsion in der Berührung das Quecksilber an die Metalle anhängt. — Versenkt man aber ein Glasröhrchen, so wird in selben das Quecksilber nicht aufsteigen, sondern unter den Gleichheitsstande bleiben: gleichwie sich Quecksilber an das Glas nicht anhängt (vom Anhängen bey der Berührung.)

Schluß-

Schlußfolge. Wasser steigt also in allen reinen Glasröhrchen, auch in allen andern Haarröhrchen in die Höhe, die aus so einer Materie bestehen, an die sich sonst allgemein das Wasser anhängt; aber nicht in fetten Glasröhrchen. Quecksilber steigt nur in Haarröhrchen in die Höhe, die aus so einer Materie bestehen, an die sich sonst das Quecksilber anhängt. Es steigen also nicht alle flüßigen Materien in allen Haarröhrchen von verschiedener Materie in die Höhe, sondern allgemein nur in solchen, die aus einer Materie bestehen, an die sich das Flüßige anzuhängen pflegt.

§. 29.

Das Aufsteigen verschiedener flüßiger Materien in den nämlichen Haarröhrchen ist eben so, wie das Aufsteigen des nämlichen Flüßigen in den Haarröhrchen verschiedener Weite, von verschiedener Höhe. Doch trägt die Länge des Haarröhrchens eben so wenig, als der Druck der Luft zur Höhe etwas bey. II. Lehrsatz.

1ster Versuch. Man setze Haarröhrchen vom nämlichen Durchmesser ins Wasser, Weingeist und Salzsohle. Das Wasser wird am höchsten steigen, nächst diesem die Salzsohle, und der Weingeist bleibt am niedrigsten. Aus Versuchen bewiesen.

2ter Versuch. Stellt man Haarröhrchen vom verschiedenen Durchmesser auf eben die flüßige Materie,

 terie,

terie, so steigt selbes in dem engern höher, als in dem weitern, d. i. die Höhe des Steigens verhält sich umgekehrt mit dem Durchmesser.

3ter **Versuch**. In den Haarröhrchen von verschiedener Länge, aber von gleichem Durchmesser, und gleicher Materie ist auch die Höhe gleich.

4ter **Versuch**. Die flüßigen Materien steigen im luftleeren Raume in den Haarröhrchen so hoch, wie in der freyen Luft.

Schlußfolge. Das Aufsteigen also flüßiger Materien in den nämlichen Haarröhrchen von verschiedener Höhe, ist wie das Anhängen bey der Berührung verschiedener Flüßigkeiten verschieden; und eben so wenig auch allgemein im genauen Verhältnisse mit der specifischen Schwere oder Dichtigkeit der flüßigen Materien (1ster Versuch). Wenn man also diese Erscheinungen mit denen des Anhängens bey der Berührung zusammen hält, so sehen wir ganz leicht ihre völlige Uebereinstimmung in den Gesetzen und Ursachen. Es findet hiemit bey der Attraktion oder Adhäsion in sehr kleiner Entfernung die nämliche **physische Erklärung** statt.

Erklärung der Phänomen.

1) Das Wasser steigt an den Wänden des Glases zwischen zwo Glasplatten, und an den Seiten der Haarröhrchen deßwegen in die Höhe, weil es vom Glase stärker angezogen wird, als ihre Theile unter sich selbst zusammenhängen. Weil nun die

Röhre

Röhre enge ist, so fließen diese ringsherum aufgestiegenen Wasserhügel oder Ringe in einander, und bilden eine ganze Masse, die wiederum vom Glase stärker angezogen, als von dem übrigen Wasser zurückgehalten wird u. s. f., bis endlich das immer zu vergrößerte Gewicht der aufgestiegenen Wassersäule, und ihr Zusammenhang der Anziehung des Glases das Gleichgewicht hält.

2) Je enger die Röhre ist, desto geringer ist das Gewicht der Wassersäule, welche von dem Anhangen am Glase getragen wird, und desto leichter fließen die Wasserringe in eine Masse zusamm, die wieder eben darum, weil sie geringer, leichter erhoben zu werden vermag; es kann also diese Säule desto höher werden, je länger das Gleichgewicht nicht erfolgt. Die Masse der flüßigen hingegen in weitern Röhren ist größer, weil auch die Anzahl der Berührungspunkte größer ist. Ist der Durchmesser eines Haarröhrchens doppelt so groß, als der Durchmesser eines andern, so ist zwar das Gewicht wegen dem körperlichen Inhalte bey einerley Höhe viermal größer, und das Wasser sollte also zum vierten Theile der Höhe des andern steigen. Allein es berührt auch den Rand des Glases in doppelt so viel Punkten, und wird also doppelt so stark angezogen; daher es in selben halb so hoch steigt, als in andern Haarröhrchen. Dieser Erklärung nach also müssen sich die Höhen des Steigens ohngefähr umgekehrt wie die Durchmesser der Röhren verhalten,

halten, womit auch die Versuche übereinstimmen (2ter Versuch.)

3) Die Höhe des Steigens kömmt gar nicht auf die Länge des Röhrchens an: aber wenn das Wasser die obere Oeffnung erreicht, so kann es nicht überlaufen; weil keine Glaswände mehr da sind, die es anziehen (3ter Versuch.)

4) Nicht alle flüßigen Materien werden von Glasröhrchen gleichstark in die Höhe gezogen; und es kömmt dabey gar nicht auf ihre specifische Schwere oder Dichtigkeit an; sondern nur auf die Figur und Anzahl der kleinsten Berührungstheile an der innern Oberfläche des Glases (1ster Versuch.)

5) Das Aufsteigen der flüßigen Materie in die Haarröhrchen geschieht nicht durch den Druck der äußern Luft, wie D. Hook in seiner Mikrographie behauptet (4ter Versuch.)

6) Nach den nämlichen Gesetzen saugen Schwämme, Zucker, Salze, Löschpapier, Sand, Erde, Holz, Leinwat, Dacht, Stricke u. d. gl. allerley flüßige Materien, so wie Gefässe der Bäume und Pflanzen ihren Nahrungssaft einsaugen; denn sie können alle, als aus mehrern Haarröhrchen zusammgesetzte Körper angesehen werden.

§. 30.

Reflexion über die Ursache

Die Theile aller festen Körper hangen mit einer gewissen Kraft zusammen, und widerstehen der Tren-

nung:

nung: auch die Theile der flüßigen lassen sich nicht ohne Widerstande trennen, und vereinigen sich in Tropfen. Das Licht beugt sich bey vorüber bewegten Körpern am Rande derselben, und weicht vom geraden Wege ab. Polierte Marmorflächen, oder Spiegeltafeln hangen bey der Berührung im Verhältniß der Anzahl der kleinsten Berührungstheile auch bey den dazwischenliegenden feinen Seidenfaden, d. i. in sehr kleiner Entfernung zusammen: so wie auch flüßige Körper in der Berührung sowohl als sehr kleiner Entfernung nach den nämlichen Gesetzen an die festen anhängen, sie benetzen, und der Absonderung wiederstehen. Wir bemerken also in der Körperwelt unwidersprechlich ein Bestreben in der Berührung mehrerer Theile vereiniget zu bleiben, und in einer sehr kleinen Entfernung sich wechselseitig einander zu nähern, und bey vorgehender Reinigung der Trennung zu widerstehen, ohne daß man eine äußere in die Sinne fallende Ursache einen Druck, Stoß, oder dgl. dabey gewahr werde. Woher nun dieß allgemeine Bestreben der Körper nach wechselseitiger Annäherung (conatus accedendi) komme? ob dieß Bestreben der Körper z. B. den Stoß oder Druck einer **Materie**, oder eine andere unbekannte äußere Ursache zum Grunde habe; oder ob selbes von einem **gewissen Anziehen**, welches eine innere Kraft der Körpertheile zum Grunde hätte, etwa herkomme, belehrt uns die Erfahrung gar nicht. — Dieses allgemeine Bestreben zur wechselseitigen Annäherung durch den

der Kohäsions- und Adhäsionserscheinungen.

Stoß

Stoß, oder Druck einer Materie zu erklären, wie es Kartes, Huigens, Joh. Bernoulli, Bilfinger u. a. thaten, hat sehr große Schwierigkeiten. Denn 1stens wird so ein Stoß oder Druck nur auf Gerathewohl angenommen, ohne einiger Erfahrung, die uns für dessen Wirklichkeit Bürge stünde. 2tens müßte dieser Druck oder Stoß, oder von der äußern Luft, oder von einer anderen noch weit feinern Materie hergeholt werden; würde die Ursache dieses Bestrebens zur wechselseitigen Annäherung im Drucke der Luft seyn, so hätte im luftleeren Raume kein Zusammenhang, kein Anhängen statt, wie wir mit Versuchen erwiesen haben. Würde aber dessen Ursache im Drucke oder Stoße einer noch feinern Materie liegen, welche Bernoulli Aether nennt, und wieder auf Geradewohl annimmt, so ist unerklärbar, warum dieß Bestreben zum Zusammenhange nicht das Verhältniß der Oberfläche beobachte, wie alle Flüßigkeiten bey Drucke oder Stoße auf andere Körper. Es ist auch endlich unerklärbar, wie so eine feine Materie, die alle Körper ungehindert durchgeht, doch auf diese so sehr drücken könne; und wodurch die Theile dieser Materie unter sich selbst zusammenhängen. Einige Physiker drücken mit Neuton dieses Bestreben zur gegenseitigen Annäherung, als ein allgemeines Phönomen mit dem Worte Attraktion oder Anziehen aus; wollen aber bey dem Gebrauche dieses Wortes nur die Wirkung anzeigen, nicht aber die wirkende Ursache; als wenn gleichsam in den Körpern eine innere anziehende Kraft läge,

läge, dessen Natur und Gesetze die Physiker eben so wenig, als die Peripatetiker die Natur ihrer heimlichen Qualitäten kennen. — Doch gab dieß Wort einigen Physikern Anlaß zu behaupten, es läge in den Grundtheilen der Körper eine innere anziehende Kraft, aus welcher dieß Bestreben als eine Wirkung folge. Freylich könnte man dieses Phönomen daraus ganz leicht erklären, ja noch so ungezwungen, als aus dem Drucke, und Stosse einer flüßigen Materie, wenn wir einmal wüßten, was denn diese Kraft wirklich wäre, und nach welchen Gesetzen sie wirkte, und ob diese Kraft wirklich in der Natur existiere; von allem dem aber mangelt uns noch richtige nnd deutliche Kenntniß; denn erstens nennen sie die Physiker ein Bestreben zur Annäherung; allein dieß Bestreben ist schon Wirkung, und bleibt also noch immer die Frage übrig; was ist aber die Ursache dieses Bestrebens in den Grundtheilen der Körper; die Ursache dieses Bestrebens muß also was anders seyn, als das Bestreben selbst ist. — Zweytens sind die Gesetze so einer anziehenden Kraft noch ganz unentdeckt, und bey weiten nicht so leicht zu erforschen, da sich die in der Berührung aufeinander wirkenden Stoffe in einem zu sehr zusammengesetzten, und verwickelten Zustande befinden; in den analysierten Theilen aber die Wirkungsart so einer Kraft sich unsern Augen verbiergt; da sie überdas in der Berührung äußerst stark wirken müßte, in der allerkleinsten Entfernung aber kaum mehr merkbar wäre; so läßt sich noch weniger ein

Ver=

Verhältniß zwischen ihr, und der Entfernung der Theile angeben. — Drittens endlich ist das Daseyn so einer innern Kraft noch nicht so unstreitig bewiesen, indem uns die Erfahrung nichts als das Bestreben zur gegenseitigen Annäherung lehrt; aus diesem Bestreben aber durch Vernunftschluße sogleich auf das Daseyn innerer anziehender Kräfte schliessen, und so viele tausend Ursachen, welche die Natur in ihrem Mechanismo im Solde hat, und dem Physiker verborgen hält, schlechtweg hindansetzen, scheint nicht ganz mehr mit den reinen Schlußregeln übereinzustimmen. — Wenigst läßt sich bisher von der Ursache dieses Bestrebens nichts gewisses bestimmen, weil uns Erfahrung und Induction verlassen; warum soll sich also der Physiker schämen die Unwissenheit zugestehen, wenn er nur dabey nicht aufhört die Gesetze dieses Bestrebens tiefer nachzuforschen.

§. 31.

Besondere Classification der festen Körper in Rücksicht ihres Zusamenhanges.

Da die Trennung der Theile auch in den festen Körpern (§. 19.) in ihrem Aggregatzustande bald leichter, bald mühsamer geschieht, so benennt man die Körper wieder mit besondern Ausdrücken: **Harte** (dura) oder **weiche** (mollis) **spröde** (rigida) oder **dehnbare**, **zähe**, **streckbare** (ductilia). — **Harte Körper** heißen die, derer Figur weder durch Zusammendrücken, noch durch Ziehen ohne Trennung der Theile sich nicht leicht verändern läßt, z. B. Holz, Stein u. d. gl. **Weiche** hingegen sind solche, die jede Gestalt ohne viele Beschwerde

durch

durch Drücken, oder Ziehen mittels äußerer Kräfte leicht annehmen, und selbe auch so lange behalten, bis ihnen eine andere gegeben wird, z. B. nasser Thon, Butter, nicht kaltes Wachs u. s. w.

Spröde Körper nennt man jede harten Körper, die ihren Zusammenhang bey Anwendung einer drückenden, oder ziehenden äußern Kraft schnell verlieren. Z. B. Glas, Thongeschiere, und im größten Grade die Springgläser, und Springkolben.

Zähe, dehnbare, streckbare sind solche, derer Theile sich durch eine äußere Gewalt voneinander entfernen lassen, ohne deßwegen ihren Zusammenhang im ganzen zu verlieren; Beyspiele von sehr grosser Dehnbarkeit geben die ganzen Metalle, besonders das Gold, das erweichte Glas, die Materie, aus welcher die Spinnen ihre Fäden ziehen, der Vögelleim, u. a. Da uns die Natur weder vollkommen harte, noch vollkommen weiche, weder vollkommen spröde, noch vollkommen zähe Körper liefert, so sind alle diese Begriffe von Härte, Weiche, Sprödigkeit, und Dehnbarkeit blosse relative Begriffe, und ihre Ursache ist eben so, wie jene der Festigkeit, und Flüssigkeit in der Art zu suchen, in welcher die Cohäsion, oder das Anziehen der Theile mehr oder weniger wirksam wird, und dieses ist wieder eine Folge ihres Aggregatzustandes, sie muß größtentheils von der gegenseitigen Lage ihrer kleinsten Theile, die wir auch in den flüßigen Körpern als harte Theile antreffen, wie uns die Versuche des

Was=

Wasserhammers beweisen, oder von ihrer verschiedenen Bildung hergeleitet werden.

Nutzen des Zusamenhanges.

* Ohne Cohäsion oder Zusammenhange der Körpertheile würde die ganze Körperwelt ein lauters Chaos seyn, wir hätten keinen bestimmten Körper, kein Ganzes u. s. w.

§. 32.

Compressibilität.

Die Fähigkeit der Körper sich durch eine zureichende Kraft zusammendrücken, oder in einen engern Raum bringen zu lassen heißt Compressibilität; so wie im Gegensatz jene Eigenschaft, vermög welcher die Theile der Körper weiter voneinander, und so in einen größern Raum können ausgebreitet werden, Ausdehnbarkeit heißt. Dieses Phönomen kann in dem Aggregatzustande der Körper auf zweyerley Art sichtbar werden, durch die Condensation, oder Verdichtung, und durch die Conpression, oder Zusammendrücken; die erstere geschieht, wenn wir z. B. mehr Luft in einen bestimmten Raum einschließen, als gewöhnlich darinn enthalten ist, oder auch, wenn die innere Ursache, welche die Theile der Körper mehr voneinander entfernte, oder ausdehnte, weggenommen wird, wodurch die Theile des Körpers näher zusammenrücken. Z. B. wenn wir den Wärmestoff aus den Metallen nehmen. — Die zweyte, wenn wir die Theile der Körper durch Drücken näheraneinander bringen, um einen kleinern Raum auszufüllen.

§. 32.

§. 33.

Die Condensation sowohl, als Compression der Körper setzen zum voraus, daß ihre Bestandtheile im gewöhnlichen Zustande einander nicht so nahe sind, als sie seyn können, daß sich also zwischen ihnen Räume befinden, welche entweder leer, oder mit einer flüßigen Materie, die sich heraustreiben läßt, angefüllet sind. Da nun alle bekannten Körper Zwischnnräume (§. 9.) haben, in welche fremde Materien eindringen können, so läßt sich vermuthen, daß alle Körper compressibel sind, ob es gleich bey manchen eine sehr starke Kraft vonnöthen hat, um die Zusammendrückung zu bewirken; denn die Erfahrung lehrt uns ganz einstimmig, daß alle festen Körper durch Wärme ausgedehnet, und durch Kälte condensieret werden; daß die Metalle durch Hämmern verdichtet werden; daß eine bleyerne, zinnerne Kugel u. d. gl. bey dem Aufstossen auf einen harten Körper ihre runde Gestalt verlieren; und daß auch eine helfenbeinere Kugel bey dem Auffallen auf Marmor u. d. gl. zusammengedrückt werde. Daß auch Luft in einer Blase zusammengedrücket, in den Windbüchsen, in dem Heronsballe u. s. w. condensieret werden könne, ist ganz außer Zweifel aus Versuchen, welche die sonderheitliche Physik bey der Untersuchung der Eigenschaften der Luft anführet. — Den Liquoren allein, besonders dem Wasser hat man ehedem die Compressibilität absprechen wollen, aber neuere Versuche mittels besonders dazu eingerichteter Werk-

Allgemeines Phänomen.

Lehrsatz.

zeuge

zeuge von Canton, Abich, Fontana, und von Herbert haben nun ganz das Gegentheil gelehret, und die Allgemeinheit des Satzes ganz außer Zweifel gesetzt.

§. 34.

Elasticität, Schnellkraft, Spannkraft, Federkraft.

Wenn ein fester, oder flüßiger Körper sich zusammendrücken, oder biegen läßt, und, nachdem die Wirkung äußerer Gewalt aufhört, seine vorige Stellung, und Lage der Theile wieder annimmt, so heißt selber Elastisch, wie z. B. Fischbein, stählerne Feder, Gumielastic, Luft u. d. gl. — Das, was diese Körpertheilchen wieder in ihre vorige Lage, Figur zurücksetzt, wird wie jede Ursache der Bewegung Kraft genennet; es ist also jene Eigenschaft der Körper, die wir Schnellkraft, Spannkraft, Federkraft, Elasticität nennen, eine Kraft durch welche sich ein Körper zusammendrücken, ausdehnen, oder biegen läßt, und dann nach gehobener Ursache seine vorige Figur wieder annimmt. — Aus dieser Erklärung erhellet, daß die Elasticität allezeit Compressibilität (§. 32.) voraussetze; bey flüßigen Körpern, die meistens ihre Elastinität äußern, wenn sie zusammengedrückt, oder in einen engern Raum gebracht werden, als ihre natürliche Lage fodert, ist es ohnehin klar; bey Festen, die meistens nur bey der Veränderung der Stellung, und Lage der Theile Elasticität äußern, ist Compressibilität, und Ausdehnung unentbehrlich; denn die Figur, Stellung und Lage der Theile kann nie geändert werden, ohne daß gewisse Theile näher aneinander gedrückt, und

andere weiter auseinandergebracht werden. **Vollkommen elastisch** wäre jener Körper, der seine vorige Figur genau mit der nämlichen Kraft allezeit wieder herstellet, mit welcher Kraft sie ihm durch Zusammendrücken, oder Biegen genommen worden. Ist diese hingegen kleiner, so nennt man selben **unvollkommen elastisch.**

§. 35.

Die Erscheinungen, die wir an elastischen Körpern wahrnehmen, sind verschieden; die vorzüglichsten davon sind: **Sie kommt jedem Körper sowohl festen als flüßigen in einem größern, oder mindern Grade zu.** Die Elasticität im thierischen Körper an den Haarknorpel, Sehnen, Bändern, Gefäßen, Häuten, Muskeln, und Knochen, Haaren, Wolle, Federn u. s. m. derer jedes seiner bestimmten Bauart gemäß elastisch ist, braucht so wenig Beweise, als die Elasticität der Fibern, der Wurzeln, der Rinde, des Holzes, der Blätter und Früchte im **Pflanzenreiche.** Eben so beobachten wir auch im **Mineralreiche,** daß die meisten Metalle, z. B. Kupfer, Messing u. d. gl. durch **kaltes Hämmern,** oder durch Vermischung mit andern Metallen, oder Halbmetallen (so z. B. giebt die Verhältnißmäßige Mischung vom Kupfer, Zinn, und Zink die sogenannte elastische **Glockenspeis**) oder endlich durch schnelles Abkühlen, z. B. des glühenden Eisens, dahin gebracht werden, daß sie auch den größten Grad der Elasticität äußern, obwohl

I. Lehrsatz Allgemeinheit dieses Phönomens. Aus Beobachtungen A an allen festen Körpern in den drey Reichen der Natur.

wohl sie vorhin nicht die mindesten Spuren von selber angezeigt haben. Wir können daher aus diesen Beobachtungen mit Grunde schließen, daß in allen festen Körpern Elasticität vorhanden seyn müsse, die sich aber nicht allen Körpern merklich äußert, außer es gehe in der Bauart, Stellung, und Lage der Theile eine Aenderung vor, die zur Elasticität nöthig ist. Die Elasticität des Glases, das sich in größerer Masse seiner außerordentlichen Sprödigkeit wegen gar nicht merklich zusammendrücken, oder biegen läßt, nehmen wir augenscheinlich im folgenden Versuche gewahr: Man ziehe Glas über der Schmelzlampe in sehr dünne Fäden, sie werden sich merklich biegen lassen, und viele Elasticität äussern; obwohl das Glas in größerer Masse äußerst spröde gefunden wird.

Versuch von der Elasticität des Glases.

B An allen flüßigen Materien. Beobachtungen.

Auch den flüßigen Materien kann man die Elasticität nicht absprechen. In den **nichttropfbaren Flüßigkeiten** als **Luft**, und **Dünsten** finden wir die Elasticität im höchsten Grade; Windbüchsen, Pump-Maschinen, künstliche Wasser-Triebwerke u. d. gl. mehrere haben ihre äußerordentliche Gewalt ganz der Elasticität der Luft, die sich nach dem Zusammendrücken mit äusserster Gewalt wieder auszudehnen sucht, zu verdanken, so wie auch die Kraft des in Dünste aufgelösten Wassers Gefäße, worinn sie eingeschlossen sind, zu zerreißen, größtentheils von ihrer Elasticität hergeleitet wird. — Da sich auch Wasser, und andere **tropfbare** Liquoren zusammendrücken lassen, und da sich der Schall, der nur in einer schwingenden,

genden, oder elastischen Bewegung der Theile des Mittels, das er durchgeht, kann fortgepflanzet werden, durch alle Liquoren bis zu unserm Gehörsinne fortleitet; so wird auch heut zu Tage die Elasticität aller Liquoren von den Naturlehrern nicht mehr bestritten, obwohl sie diese nur in einem sehr schwachen, und uns unmerkbaren Grade äußern. — Man kann also die Elasticität im Grunde für ein allgemeines Phönomen annehmen. In der gemeinen Sprache aber pflegt man nur diejenigen elastisch zu nennen, welche es in sehr merklichen Graden sind; dahin gehören unter den festen Körpern die Schwämme, Zweige der lebendigen Bäume, und Pflanzen, die Wolle, Baumwolle, Haare, Federn, das elastische Harz, die Stahlfedern, elfenbeinern, und marmornen Kugeln, Leder, und Häute, Metall- und Darmsäiten, hänfene Seile u. d. gl. Unter den flüßigen die Dämpfe, und Gasarten. Die elastischen festen heißen auch federharte Körper.

§. 36.

Die Grade der Elasticität sind in verschiedenen Körpern nach der Art ihres Baues, Stellung, und natürlichen Lage der Theile sehr verschieden, und vielen Veränderungen, die ganz von der Veränderung ihrer Bauart abhängen, unterworfen. — Wir beobachten diese Erscheinung in den drey Reichen der Körpernatur: a) Jedes Bewegungswerkzeug im thierischen Körper hat seinen bestimmten Bau, und ist seiner

II. Lehrsatz von den verschiedenen Graden der Elasticität.

Beobachtung.

Bauart gemäß elastisch; wird aber dieser Bau geändert, so geht auch in der Elasticität eine Aenderung vor sich. Z. B. wird der Körper durch Krankheit lange in Unthätigkeit erhalten, so verlieren die meisten Bewegungswerkzeuge ihre Gestalt, die Muskeln werden weicher, blößer, verlieren zum Theil ihre faserichte Bauart, die Sehnen, und Bänder werden schlaff; daher kommt nach einem solchen Zustande die Schwäche, das Unvermögen zur Arbeit, und Bewegung, indem durch die Veränderung ihres Baues auch ihre Schnellkraft geändert wird. Haare, Wolle, Federn, welche zum Ausstopfen der Polster gebraucht werden verlieren mit der Zeit ihre Federkraft immer mehr. — b) Die Holze äussern meistens nur der Länge nach viel Elasticität, hingegen nach der Quere sehr wenig, weil ihre Bauart in der Länge von jener in der Breite sehr verschieden; es muß also ihre faserichte Bauart der Länge nach für Elasticität mehr vortheilhaft seyn, als ihre natürliche Lage der Breite nach. Die Fibern der Blätter, Wurzeln, Rinde, wenn sie zusehr ausgedorrt; Früchte, wenn sie verfaulet sind, verlieren bey der Veränderung ihrer Bauart merkbar ihre Schnellkraft. Ein ins Wasser verlegter, oder zu oft, oder zu lange gespannter Bogen erschlaft endlich, und behält die Krümmung, die ihm die Spannung gegeben hat. — c) Metalle, die für sich einzeln genommen gar keine Elasticität äussern, erhalten durch gewisse Versetzungen mit andern Metallen, oder Halbmetallen (§. 35.) einen großen Grad der

Elasti=

Elasticität. Kupfer-, Eisen- oder Messingblatten Versuche.
entzweygeschnitten, und eine davon kalt auf dem Ambos gehämmert, die andere aber ungehämmert gelassen, beweisen augenscheinlich, daß die gehämmerten federhart oder elastisch sind, die andern aber nicht; es muß daher die Lage der Theile bey der Mischung der Metalle, und bey den kaltgehämmerten Metallen für die elastischen Kräfte mehr vortheilhaft seyn, als in den andern unversetzten, und ungehämmerten Metallen; gleichwie auch das Härten des Stahles, wenn selber schnell im kalten Wasser ablöscht, seine Elasticität um vieles verstärket; da hingegen der langsam abkühlende Stahl eben dadurch seine grosse Härte, und zur Elasticität nöthige Bauart verliert. — Versuche mit den plötzlich abgekühlten batavischen Glastropfen im Wasser, in der Luft, und dem luftleeren Raume, mit den schnellerkälteten bologneser Fläschen, oder Kolben beweisen unstreitig, wie durch die Veränderung der Bauart, und Lage der kleinsten Theile Körper aus dem elastischen Zustande in den Zustand der allersprödesten übergehen können. Auch die trockne Luft verlieret bey dem Zutritte der feuchten Witterung einen grossen Theil der Elasticität. — Schon daraus kann man mit Grunde folgern, daß es keinen vollkommen elastischen Körper gebe; theils weil diese Federkraft zu vielen Veränderungen unterworfen; theils weil bey Wiederherstellung der veränderten Gestalt die aneinander hingehenden Theile ein Reiben veranlassen, auf welches ein Theil der

Kraft verwendet werden muß, der dadurch für die Elasticität verloren geht; es kann also die zurückstellende Kraft nicht mehr genau so groß seyn, wie die Druck-, oder Spannkraft. Eben das ist die Ursache, warum gespannte Säiten, wenn sie gekneipet werden, ihre Schwingungen nur eine Zeit lang fortsetzen, und dann auch im luftleeren Raume wieder in Ruhe kommen.

§. 37.

Physische Erklärung der vorigen Erscheinungen.

Da wir aus Beobachtungen belehret jene festen Körper am meisten elastisch finden, derer Theile eine faserichte, fiberartige, und blätterichte Bauart, Figur, oder Gestalt haben; so können wir uns mit Gravesande alle elastischen festen Körper als aus dünnen Fibern, Federn, und Lamellen zusammengesetzt vorstellen, und zuvor die Erscheinungen der Elasticität bey solchen einfachen elastischen Fibern, und Säiten z. B. dünnen Metallsäiten durchsuchen, um nachhin auch die Erscheinungen in den aus solchen Fibern, und Säiten zusammengesetzten elastischen festen Körpern, leichter erklären zu können. — Versuche mit den einfachen Säiten führen uns auf die Beobachtung hin, daß selbe gar keine Elasticität zeigen, wenn sie nicht gespannet sind, und daß ihre Elasticität mit der Spannung bis auf einen gewissen Grad wachse (bey zu großer Spannung verlieret sie sich ganz), so wie sie auch desto grösser ist, je dünner und je kürzer die Säite ist. Daraus könnte man also schließen, das auch

die

die übrigen festen Körper desto mehr elastisch sind, je aus dünnern, kürzern, oder mehrgespannten Fibern, und Lamellen sie zusammengesetzt sind; was hiemit immer ihre Spannung, Feinheit, oder Dünne, ihre Kürze, d. i. ihre Bauart, und Lage verändert, das vermehrt, oder vermindert auch den Grad ihrer Elasticität. — Vielleicht besteht die Luft aus runden, feinen Kügelchen, die eben wieder aus höchst dünnen, gespannten, kurzen Fiebern, oder Linien zusammengefüget sind; woraus auch die Elasticität der Luft, und anderer elastischen Flüssigen begreiflich werden kann. — — Von der Ursache der Schnellkraft gab es unter den Naturlehrern von jeher sehr verschiedene Meynungen, die zu weitläufig, und auch wirklich zu unerheblich sind, als daß ich sie in ihrer Reihe erzählen sollte; am wahrscheinlichsten wird sie von zwo Ursachen, von jener der Undurchdringlichkeit, und der des Zusammenhanges hergeleitet; denn wenn man das Zusammendrücken, und Spannen etwas näher beobachtet, so findet man in beyden, daß immer einige Theile in größere Entfernung, die andern aber sich wieder näher gebracht werden, als sie in ihrer natürlichen Lage sind. Nun aber müssen bey der Wiederherstellung der vorigen natürlichen Lage elastischer Körper die entfernten Theile sich wieder näher gebracht, und die sich zu nahen wieder mehr entfernet werden; das erste kann nur durch die Ursache der Annäherung, des Zusammenhanges, die auch schon in die Ferne wirkt; das zweyte durch jene der Undurch=

Von ihrer Ursache.

Undurchdringlichkeit bewirket werden. Allein wir kennen auch diese Ursachen noch nicht genau; (§. 7. §. 30.) es bleibt also auch die nähere Ursache der Elasticität noch unbekannt.

Nutzen. * a) Die Federkraft der Salpeterdünste treibt die schweresten Kugeln mit einer erstaunungswürdigen Gewalt fort. b) Durch die Gewalt elastischer Bögen werden Pfeile abgeschlossen. c) Der elastische Stahl liefert Uhrfedern. d) Mehrere elastische Körper dienen zu Werkzeugen der Musik. e) Die Luft befördert dadurch den Umlauf des Blutes in unserem Körper. f) Alle Bewegungen im menschlichen und thierischen Körper setzen in seinen Fibern, und Muskeln elastische Kräfte zum voraus. Ja, fast jede Wirkung in der Natur hat diese Kraft zum Grunde.

§. 38.

Beweglichkeit, Bewegung. Jeder Körper in der Welt muß einen Raum, einen Platz irgendwo in derselben einnehmen. Denken wir uns von einem gewissen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, so ist der Theil dieses absoluten Raumes, den er einnimmt, der absolute Ort des Körpers; nehmen wir aber dabey zugleich Rücksicht auf andere Körper, welche eine bestimmte Lage gegen ihn haben, so nennt man es den relativen Ort, oder seine Lage. — So oft sich ein Körper bewegt, so oft verändert er seine Lage in Absicht auf die Gegenstände, die sich nahe

oder

oder ferne um ihn herum befinden; ein Mensch, z. B. der in einer Kutsche, oder in einem Kahne fahrt, bekömmt beständig etwas Anders zu Gesichte, wo nicht in Ansehung der Personen, die mit ihm fahren, doch wenigst in Rücksicht auf die verschiedenen Gegenden, die er unter währender Reise durchstreichet. — Die stättige Veränderung also des Ortes, oder der Lage, heißt **Bewegung.** — Die Fähigkeit aber, oder die Möglichkeit in dem Körper seinen Ort, oder Lage zu verändern heißt **Beweglichkeit**; es ist also Beweglichkeit von der Bewegung selbst, wie Möglichket von der Wirklichkeit unterschieden; und da es keinen Körper giebt, dem ein bestimmter Ort so wesentlich ist, daß er der Veränderung des selben ganz unfähig wäre, so muß die **Beweglichkeit** für eine allgemeine Eigenschaft angesehen werden. Die Veränderung des absoluten Ortes, oder ohne Beziehung auf andere Körper heißt **absolute Bewegung**; die Veränderung des relativen Ortes, oder der Lage gegen andere Körper heißt **relative Bewegung.** — Die Beharrung eines Körpers an einem Orte ist **Ruhe**, die wieder nach Verschiedenheit des Ortes **absolut**, und **relativ** betrachtet werden kann. — Auf unserer Erde haben wir keine absolute Ruhe, weil die ganze Erde mit uns in beständiger Bewegung ist; wohl aber **relative Ruhe** mit Hinsicht auf die neben uns liegenden Körper; es kann also ein Körper absolut beweget werden, obwohl er relativ auf die nebenstehenden, die ebenfalls mit ihm

in Bewegung sind, sich in der Ruhe befindet; er kann relativ auf einem, der mit ihm in einer gemeinschaftlichen Bewegung ist, ruhen, und relativ auf den andern, der ausser dieser Bewegung liegt, beweget werden. — Die relative Bewegung kann wieder eine **wahre**, oder **scheinbare** seyn; jene, wenn sich ein Körper wirklich in Rücksicht auf einen andern relativruhenden in einer Bewegung befindet, z. B. der Schiffer hat in Rücksicht des Gestades eine **wahre** Bewegung; die **scheinbare** Bewegung aber ist die, wenn wir wegen einer vorgehenden Veränderung der Lage, die wir aus der Veränderung der Bilder im Auge erkennen, den wirklich Ruhenden in der Bewegung, und den wirklich Bewegten in der Ruhe zu seyn glauben. Z. B. das für das Aug des Schiffers zurückgehende Gestad ist eben so, wie das Auf- und Niedergehen der Sonne eine scheinbare Bewegung, die daher ihren Ursprung hat: der Schiffer, so wie der Erdebewohner bemerkt zwar eine Veränderung aber kann nun ihren Grund, oder in der wirklichen Bewegung des Schiffers, und Erdebewohners, oder in der wirklichen Bewegung des Gestades, und der Sonne haben, zu dessen Entscheidung uns der Sehsinn nicht mehr bürge steht; da aber alle dem Auge benachbarte Gegenstände, die zugleich mit dem Schiffer auf dem Schiffe, und mit dem Erdebewohner auf Erde da sind, mit ihm, und untereinander in gleicher Lage verbleiben, so scheint es seinem Auge, als wenn er mit allen benachbarten, und mit ihm gemeinschaft-

lich

lich bewegten Körpern in Ruhe wäre; das Gestade aber, und die Sonne beweget würde. — Die relative Bewegung eines Körpers ist wieder in Rücksicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper entweder eine eigene, oder gemeinschaftliche; bey jener verändert ein einziger Körper gegen alle Uebrigen seine Lage; bey dieser bewegen sich mehrere miteinander zugleich, ohne gegeneinander ihre Lage zu verändern, z. B. der unter andern Körpern hin und her beweget wird, und dadurch gegen diese seine Lage ändert, hat eine eigene Bewegung; der aber mit andern auf dem Kahne, auf dem Postwagen, oder mit andern Erdekörpern um die Erdachse herumbeweget wird, hat mit diesen Mitbewegten eine gemeinschaftliche Bewegung.

§. 39.

Lehre von den Gesetzen der Bewegung.

Da es unzählige Erfahrungen gelehrt haben, daß durch die natürlichen Kräfte der Körper bey einerley Umständen immer einerley Veränderungen entstehen: so war es den Naturforschern nicht schwer, gewisse Regeln anzugeben, nach welchen die Bewegung der Körper erfolgt, und welche insgemein Gesetze der Bewegung genannt werden. Von diesen Gesetzen der Bewegung will ich nur die jenigen erklären, welche sich ohne verschiedene andere Kenntnisse in der Mathematik u. d. gl., die ich hier nicht allgemein voraussetzen darf, begreiflich machen lassen:

I. Ge=

I. Gesetz. a) Wenn ein Körper in der Ruhe ist, so bleibt er in selber so lange, bis er durch eine äußere Kraft (Ursache) in Bewegung gesetzt wird. — b) Wenn hingegen ein Körper einmal in Bewegung ist, so bewegt er sich ohne Aufhören mit einerley Richtung, wenn nicht ein äußeres Hinderniß, oder eine äußere Gegenkraft (Ursache) eine Aenderung in seiner Bewegung verursacht. —

a) Beweis. Denn es ist uns allen aus Erfahrung bekannt, daß z. B. dieser Stein, dieses Holz, so wie jedes kleinere, oder größere Theilchen der Materie, von welcher Art sie immer seye, ewig da, wo es einmal ist, liegen bleibe, wenn nicht andere äußere Ursachen (Kräfte) darauf wirken, und es aus seiner Lage bringen. Dieß läßt sich auch deßwegen mit allem Rechte für allgemein wahr annehmen, weil sich kein Grund angeben läßt, warum er sich sonst ohne eine äußere hinzukommende Ursache bewegen sollte; denn sein voriger Zustand, nämlich die Ruhe kann nicht die Ursache von der Bewegung seyn; weil die Ruhe nichts enthält, woraus sich die Bewegung herleiten läßt. — —

b) Beweis. Auch der zweyte Theil des Gesetzes folgt aus dem allgemeinem Satze: daß nichts ohne einem zureichenden Grunde geschehe; denn wenn ein bewegter Körper sich zu bewegen aufhören, oder wenigst seine Geschwindigkeit oder Richtung ändern sollte, so müßte nothwendig eine Ursache da seyn, welche diese Veränderung hervorbringen könnte; sobald nun aber angenommen wird, daß keine neue Kraft

Kraft (Ursache) auf den Körper wirkt, so ist keine solche Ursache vorhanden; denn sein voriger Zustand, nämlich die Bewegung kann nicht die Ursache von der zu erfolgenden Ruhe seyn, weil auch die Bewegung nichts enthält, woraus sich die Ruhe herleiten läßt; eben so wenig kann auch die vorige Richtung, die vorige Geschwindigkeit der hinlängliche Grund einer andern Richtung, einer andern Geschwindigkeit seyn; es würde also so eine Abänderung in der Bewegung, Richtung, und Geschwindigkeit, wenn keine neue äußere Ursache vorhanden wäre, geradehin ohne zureichenden Grunde geschehen. — — Aber noch niemals hat uns die Erfahrung einen Beweis hiervon gegeben, daß ein einmal in Bewegung gesetzter Körper ohne Aufhören mit einerley Geschwindigkeit, und in einerley Richtung sich fortbewegt hätte; ja daß ihm sogar die Erfahrung zu wider zu seyn scheint; denn kein Körper, wenn er in Bewegung kommt, setzt selbe lange fort; daher hat es noch keinem Künstler gelungen, ein perpetuum Mobile d. i. eine Maschine anzugeben, welche ihre angefangene Bewegung ohne Wirkung neuer Kräfte beständig fortgesetzt hätte. — — Allein, so bald wir nur auf alle Umstände Achtung geben, so treffen wir so viele Hindernisse an, die sich der fortdauerenden Bewegung entgegensetzen, sie immer zu hemmen, und nach und nach gar aufheben, als **Reiben, Widerstand der Luft u. d. gl.**, von denen ich am Ende der Bewegungslehre das Nöthigste anführen werde; bey reiferer Beobachtung werden

Einwurf.

Antwort.

wir

wir finden, daß die Bewegung z. B. eine an einer Schnure hängenden Bleykugel desto länger fortdauere, je weniger sich die Schnur oben an dem Nagel reibt, und je weniger Widerstand die Luft ihrer Schwingung entgegensetzt; so schwingt eine solche Kugel, oder Pendel in der verdünnten Luft nochmal so lange, als in der freyen Luft (§. 20. 2. Versuch.). Könnten daher alle Hindernisse weggeschaffet werden, dann laßt sich auch mit allem Rechte folgern, daß die einmal angefangene Bewegung eines Körpers beständig fortdauern würde.

Anmerkung. Weil man einen Menschen, der keine Lust zur Arbeit hat, und gemäß seiner Unthätigkeit immer in seinem unwirksamen Zustande, in dem er einmal ist, verharret, träge zu nennen pflegt, so hat man von ihm den Ausdruck der Trägheit genommen, und auf diejenige körperliche Eigenschaft übertragen, nach welcher ein jeder Körper, wenn er einmal von aussen in den Zustand der Ruhe, oder der Bewegung gebracht wird, in diesem Zustande verharret, und hat diese Eigenschaft die **Trägheit** genannt. Da wir nun den Körper seiner Trägheit zufolge von sich selbst zur Bewegung, und zur Ruhe ganz gleichgültig zu seyn beobachten, und auch die kleinste Ursache manchmal hinlänglich finden einen großen Last zu bewegen, wenn sonst kein Hinderniß vorhanden, z. B. die leichte Bewegung eines Lastschiffes auf einem ruhenden Wasser; so scheint die Trägheit der Körper mehr etwas leidendes, als thätiges zu seyn; zumal da der Körper durch seine Trägheit,

heit, die mit der Körpermasse genau im Verhältnisse ist, immer das bleibt, was er einmal ist, und von Natur aus unvermögend ist, sich selbst von der Ruhe in Bewegung, oder von Bewegung in die Ruhe zu versetzen. Sie ist also kein Grund einer vorgehenden Veränderung, mithin auch keine Kraft; denn Kraft ist, was Veränderung hervorbringt. Daher ist sie wahrscheinlicher keine besondere Kraft der Körper, oder der Materie, und sohin nicht Trägheitskraft zu nennen.

II. Gesetz. **Die hervorgebrachte Veränderung in dem ruhenden, oder bewegten Körper ist immer im Verhältnisse mit der Kraft, oder Ursache, die selbe hervorbringt**; denn die Veränderung ist Wirkung der Kraft, die Kraft aber die Ursache derselben; nun aber sind Wirkungen das Maaß, nach welchen man wirkende Ursachen oder Kräfte bestimmen kann; indem wir sagen, daß eine Kraft zehenmal stärker sey, als eine andere, wenn die Wirkung der erstern zehnmal größer ist, als die Wirkung der letztern u. s. w.

III. Gesetz. **So groß die Wirkung der Kraft ist, die in einem andern Körper eine Veränderung hervorbringt, so groß ist auch dessen Gegenwirkung; daher ist Gegenwirkung allemal der Wirkung gleich.** — So oft wir einen Körper von der Ruhe in Bewegung, und von der Bewegung in Ruhe versetzen wollen, so finden wir allzeit eine Kraft dazu nothwendig; das, was

die

die Anwendung dieser Kraft nothwendig macht, damit eine Veränderung vorgehen kann, nennt man Widerstand; weil bey diesem Widerstande die wirkende Kraft eine so große Veränderung leidet, als groß ihre Wirkung ist, und dieser Wiederstand der wirkenden Kraft einen Theil gleichsam entzieht, oder selbe ganz aufhebt, so stellt man sich diesen Widerstand als eine **Wirkung** vor, und nennet sie **Gegenwirkung.** Ein Körper kann auf einen andern nur deßwegen wirken, weil ihm der andere widersteht; widerstünde er nicht, so wiche er aus, und so würde keine Wirkung möglich seyn; eine an einem Faden hangende Fliege bleibt beym größten Schlage auf sie unbeschädiget, so wie ein freyherabhängendes Menschenhaar durch so einen Schlag nicht zerbrochen wird, weil sie der Wirkung sogleich ausweichen, und sehr wenig widerstehen, widerstünde das weiche Wachs dem Drucke des Stämpels nicht, wiche es aus, so würde man niemals das Pettschaft darinn abdrücken können. Der Widerstand, oder die Gegenwirkung ist also der Grund, warum ein Körper in einen andern wirken kann; und diese Wirkung dauert so lange, als lange die Gegenwirkung dauert, und kann daher nicht mehr betragen, nie grösser seyn, als die Gegenwirkung desjenigen Körpers, in welchen der andere wirkt. Es ist also wahr, daß die **Wirkung** und **Gegenwirkung** sich gleich seyn müssen; trift ein Körper A in seiner Bewegung auf einen andern B auf, so verlieret der Körper A durch die Gegenwirkung so

viel von seiner Bewegung, als das der Körper B durch die Wirkung gewinnt.

VI. Gesetz. Die Kraft, welche in bewegten, oder ruhenden Körpern eine Veränderung ihres Zustandes hervorbringen will, muß desto größer seyn, je größer die Masse der Körper ist, in welchen eine Veränderung hervorzubringen. — Doppelt so viel Masse bewegen heißt auch doppelt so viel Kraft zur Bewegung anwenden; doppelt so viel Masse in der Bewegung hemmen heißt auch doppelt so viel Kraft entgegensetzen; denn je größer die Masse ist, desto mehr Theile müssen in Bewegung gebracht, oder in der Bewegung gehindert werden, ist also die Masse doppelt, so muß auch die Kraft doppelt seyn.

§. 40.

Bey einer jeden wirklichen Bewegung haben wir 1. auf die Kräften, oder Ursachen der Entstehung, und Aenderung der Bewegungen; 2. auf die Richtung derselben; 3. auf Raum, Zeit, und Geschwindigkeit der Bewegung; 4. auf die Größe der Bewegung Rücksicht zu nehmen.

1. Bey den meisten Bewegungen, und ihren Aenderungen nehmen wir gewisse unverkennbare Ursachen derselben wahr, ob wir gleich die Natur derselben nicht kennen, und nicht wissen, wie sie Bewegung hervorbringen, und ändern. Eine der vornehmsten dieser Ursachen, und die unserm Beobach-

obachtungskreise am nächsten liegt, ist die a) **Kraft der Menschen, und Thiere.** Wir bewegen durch freywilligen Entschluß auf eine uns selbst unerklärbare Weise unsere Glieder, und Körper; und die Thiere thun dieß auf eine ähnliche Art. Da das hiebey angewandte Bestreben **Kraft** heißt, und diese Kraft eine so reichhaltige Quelle von Bewegungen ist, so hat man für gut befunden, alles was den Zustand eines Körpers in Absicht auf Ruhe, und Bewegung ändert, oder zu ändern strebt, **Kraft** zu nennen. — b) Die **Schwerkraft**, wodurch auch ein freygelassener Stein gegen der Erde hinbewegt wird. — c) Die **Mittheilung** der Bewegung, oder die Aenderung derselben mittels des Stoßes. In Absicht auf die **Kräften**, die eine Bewegung erzeugen, ist die Bewegung oder **einfach**, oder **zusammengesetzt**.

2. **Richtung.** So oft ein Körper bewegt wird, so muß er allzeit nach einer gewissen Gegend fortgehen; jene Linie nach der Gegend, nach welcher der bewegte Mittelpunkt des Körpers fortgeht, heißt die **Richtung**; ist diese Linie gerade, so heißt die Bewegung **geradlinicht**, und **krumlinicht**, wenn sie **krum** ist.

3. Die Länge des durch eine Bewegung zurückgelegten Weges heißt der **Raum**. Da immer nur Bewegung von Punkten betrachtet wird, so ist dieser Raum stets eine gerade, oder krume Linie; hiedurch wird die Untersuchung der Bewegung **geometrisch**. Jede Bewegung auch durch den kleinsten

Raum

Raum fodert Zeit; wenn zween Punkte A und B einer Linie auseinander liegen, so kann der Körper, der sich von einem Punkte zu den andern bewegt, nicht in beyden Punkten zugleich seyn; mithin muß er erst nach B kommen, wenn er schon in A gewesen, d. h. der Augenblick, in dem er in A ist, unterscheidet sich von dem, in welchem er in B ist; bewegt sich also ein Körper durch mehrere Punkte, so sind dazu mehrere Augenblicke, oder eine Zeit nothwendig. — Aus der Vergleichung des Raumes mit der Zeit entsteht der Begriff von **Geschwindigkeit**; eine Bewegung heißt geschwinder als eine andere, wenn bey ihr, oder in der nämlichen Zeit ein längerer Raum, oder der nämliche Raum in einer kürzerer Zeit durchlaufen wird; doppelt so geschwinde nennt man eine Bewegung, wenn in der nämlichen Zeit ein doppelt so langer Raum, oder ein gleichgroßer Raum in der Hälfte der Zeit zurückgelegt wird. — Daher ist die **Geschwindigkeit** nur ein **relativer** Begriff. In Absicht auf die Geschwindigkeit ist die Bewegung gleichförmig, oder **verändert**; die **veränderte** Bewegung ist entweder **beschleunigt**, oder **abnehmend**; und diese wieder **gleichförmig beschleunigt**, oder **abnehmend**, und **ungleichförmig beschleunigt**, oder **abnehmend**.

4. Die **Größe der Bewegung**, oder ihre **Gewalt**, weil sie eigentlich nichts anders ist, als die Geschwindigkeit aller Theile, oder der ganzen Masse, muß offenbar aus der Menge der bewegten Masse, und ihrer Geschwindigkeit bestimmet werden;

Bayerische Staatsbibliothek München

Versuche. der Eindruck, z. B. einer freyherabfallenden Kugel auf weichen Thon ist nochmal so groß, wenn bey der nämlichen Höhe, oder Geschwindigkeit die Masse der Kugel unter eben dem Rauminhalte nochmal so groß ist; so wie auch der Eindruck so einer Kugel, die von einer doppelten Höhe, oder mit doppelter Geschwindigkeit herabfallt, nochmal so groß ist, als wenn sie von einer einfachen Höhe, oder mit einfacher Geschwindigkeit herabfällt. Läßt man zwo Kugeln A und B von gleicher Größe, aber ungleicher Masse, und auch mit ungleicher Geschwindigkeit so herabfallen, daß die Kugel A mit einer Masse von 2 Loth, von einer Höhe zu 4 Schuhe; die Kugel B aber mit einer Masse von 4 Loth, und von einer Höhe zu 2 Schuhe auf weichen Thon zu fallen freygelassen werden; die Produkten also ihrer Höhen, oder Geschwindigkeiten mit ihren Massen sind in beyden Kugeln gleich; das Resultat des Versuches aber beweißt, daß auch die Tiefen der Eindrücke, aus denen die Gewalt oder Größe der Bewegung bestimmet werden muß, in dem weichen Thon sich gleich sind, und daß mithin die Größe der Bewegung bey ungleichen Massen, und Geschwindigkeiten der Körper mit dem Producte der Massen, und Geschwindigkeit MC im Verhältnisse sey. — Die gemeinsten Beobachtungen lehren nicht minder, daß erstens eine Kanonenkugel mehr Gewalt ausübe, als eine Flintenkugel, wenn sie auch mit gleicher Geschwindigkeit abgeschossen werden; weil die Kanonenkugeln mehr Masse, mehr wirkende Theile als die Flintenkugeln

haben;

haben; zweytens, daß die Gewalt einer geschossenen Bleykugel weit größer, als die Gewalt einer geworfenen Bleykugel von der nämlichen Masse gefunden werde, weil die Geschwindigkeit im ersten Falle weit größer, als im zweyten Falle ist; denn einem Körper, welcher sich geschwinder bewegt, als ein anderer kommen in der nämlichen Zeit mehrere Wirkungen zu, als dem langsamer bewegten; ein solcher wirkt z. B. 1000 mal auf seinen Gegensatz in der Zeit, wo der langsamer bewegte vielleicht nur 100 mal wirkt. — Die Größe der Bewegung, mit welcher ein Körper auf den andern aufstoßt, und ihn in Bewegung setzt, wird die **bewegende Kraft** genennet.

§. 41.

Sonderheitliche Gesetze, von der gleichförmigen Bewegung.

Da in der gleichförmigen Bewegung die Geschwindigkeit vom Anfange der Bewegung bis zum Ende derselben immer die nämliche bleibt; so muß der gleichförmig bewegte Körper nothwendig in gleichen Zeiten immer gleiche Räume durchlaufen; wenn sich also z. B. ein gewisser Körper in der ersten Secunde durch einen Raum von 15 Schuhen, in der andern, und folgende Secunden wieder durch einen Raum von 15 Schuhen bewegte, so schreibt man ihm mit Rechte eine gleichförmige Bewegung zu. — Die Gleichförmigkeit der Bewegung läßt sich zwar sehr leicht als möglich begreifen, aber in der Natur finden wir sie fast niemals; die unvermeidendlichen, und überall vorkommenden Hindernisse der Bewe-

gung; hauptsächlich das Reiben, und der Widerstand der Mittel, von denen ich erst in der Folge reden werde, heben bey allen Bewegungen von Zeit zu Zeit einen Theil ihrer Geschwindigkeit auf; es könnte daher eine vollkommen gleichförmige Bewegung nur im leeren Raume, wenn Reibung, und Widerstand des Mittels wegfielen, statt finden. Von dieser haben wir nun nothwendig folgende Gesetze zu betrachten:

I. Gesetz. **Räume, die in einerley Zeit zurückgelegt werden, verhalten sich wie die Geschwindigkeiten der bewegten Körper**; denn jeder wird sagen, daß in einer gleichförmigen Bewegung die Geschwindigkeit des Körpers A zweymal so groß, als jene des Körpers B seye, wenn der Körper A in eben der Zeit einen zweymal so großen Raum durchläuft, als der Körper B.

II. Gesetz. **Zeiten, in denen einerley Räume beschrieben werden, verhalten sich verkehrt wie die Geschwindigkeiten der bewegten Körper**; denn es ist außer Zweifel, daß bey einer gleichförmigen Bewegung zweener Körper die Geschwindigkeit des Körpers A nochmal so groß, als jene des Körpers B seye, wenn A seinen Raum in einer Stunde durchlauft, zu welchen B zwo Stunden braucht.

III. Gesetz. **Sind nun in zween gleichförmig bewegten Körpern Räume, und Zeiten ungleich, so verhalten sich ihre Geschwindigkeiten**

digkeiten gerade, wie die Räume, und verkehrt, wie die Zeiten; weil sich unter zween gleichförmig bewegten Körpern unstreitig der Körper A geschwinder bewegt, als der Körper B, wenn A einen größern Raum in kürzerer Zeit durchlauft, da B zu einen kleinern Raum längere Zeit vonnöthen hat.

§. 42.

Von der ungleichförmigen, oder von der beschleunigten, und abnehmenden Bewegung.

Ungleichförmige Bewegung nennt man jene, in der die Geschwindigkeit den ganzen Raum hindurch immerhin zu = oder abnimmt; daher die ungleichförmige Bewegung in die beschleunigte, und abnehmende zerfällt. Sind die Wachsthume, oder die Abnahme der Geschwindigkeit während der Bewegung durchgehends von gleicher Größe; so heißt die Bewegung einförmig beschleunigt, oder einförmig abnehmend. — Eine gleichförmig beschleunigte Bewegung entsteht, wenn eine stetige Kraft auf den schon bewegten Körper zu wirken fortfährt, und ihm in gleichen Zeiten immer gleiche Zusätze zu seiner Geschwindigkeit giebt. — Wirkt aber so eine stetige Kraft der Bewegung gerade entgegen, und hebt dadurch in gleichen Zeiten gleiche Grade der Geschwindigkeit auf, so wird dadurch eine gleichförmig abnehmende Bewegung erzeuget. Z. B. wenn ein gewisser Körper in seiner Bewegung in der ersten Secunde durch einen Raum = 1, in der andern durch einen Raum = 3, in der dritten durch einen Raum = 5, und so in folgenden Secunden mit einen

nem immerhin gleichen Zusatze von Geschwindigkeit = 2 seine Bewegung fortsetzt, so sagen wir, dieser Körper bewege sich einförmig beschleunigt. — Bewegt sich hingegen ein Körper in der ersten Secunde schon mit einer Geschwindigkeit durch einen Raum = 5; in der zwoten durch einen Raum = 3; in der dritdurch einen Raum = 1; so, daß also die Abnähme der Geschwindigkeit durchgehends = 2 sind, so nennen wir diese Bewegung gleichförmig abnehmend. — — Eine solche stetige Kraft, die in der Bewegung der Körper immerhin gleiche Zusätze, oder in entgegengesetzter Richtung gleiche Abnähme = 2 von der Geschwindigkeit bewirkt, ist die Schwerkraft, als die Ursache der gleichförmigen Beschleunigung im Fallen, und des gleichförmigen Abnehmens im Aufwärtssteigen der Körper.

§. 43.

Von der Schwerkraft überhaupts.

Unter dem Worte Schwere überhaupts verstehen wir das Bestreben der Körper sich in größerer Entfernung einander zu nähern, ohne daß man eine äussere Ursache davon gewahr wird. — Dieses Bestreben der Körper befindet sich in allen Körpern, die wir kennen, selbst in den Gestirnen, bey den Planeten, und Kometen entdecken wir sie; einer bestrebet sich dem andern zu nähern, das Wasser auf der Erdkugel erhebt sich gegen den Mond, und der Mond selbst ist wieder gegen die Erde schwer, so wie alle Hauptplaneten gegen die Sonne, die Nebenplaneten gegen ihre Hauptplaneten, um die sie in elliptischen Kreisen

sen herumbewegt werden, schwer sind. — Alle Körper, die um uns herum sind, und die sich auf der Erde befinden, werden sich selbst überlassen lothrecht auf die Oberfläche der Erde hinfallen, oder gegen ihren Untersatz so lang drücken, so lang sie von selben unterstützet bleiben. Es läßt sich also dieses allgemeine Phönomen mit Rechte in die **Schwere der Erdkörper**, und jene der **Himmelskörper** abtheilen. — Die Ursache dieses Phönomens, weil sie in den sich frey überlassenen Körpern Bewegung hervorbringt, wird **Schwerkraft** genennt.

§. 44.

Von der Schwere der Erdkörper.

Unter der **Schwere der Erdkörper** verstehen wir das Bestreben aller Körper auf die Oberfläche oder gegen den Mittelpunkt der Erde lothrecht zufallen, oder auf den Untersatz, der das Fallen hindert, zudrücken. Die Schwere also äußert sich dort, wo kein hinlängliches Hinderniß gerade im Wege steht, durch das Fallen; wo aber ein Untersatz das Fallen hindert, durch drücken. Der Druck also, und der Fall der Körper gegen den Mittelpunkt der Erde sind Wirkungen der Schwerkraft. Bey dem Falle der Körper ist es einerley, ob der Körper aus mehr oder wenigern Theilen besteht, indem jeder Theil so geschwind, als der andere getrieben wird, mithin der ganze Körper um nichts geschwinder fällt, als jeder seiner Theile. Bey dem Drucke aber auf den Untersatz kömmt es auch auf die Menge der Theile an; denn da der Untersatz den Fall aller Theile hindern

dern muß, so wird er desto mehr gedrückt, je grös- ser die Anzahl der Theile, oder die Masse des auf dem Untersatze liegenden Körpers ist. Die Größe dieses Druckes heißt das Gewicht des Körpers; und hierauf gründet sich der Unterschied zwischen Gewicht, und Schwere der Erdkörper; indem Schwere als das Bestreben jedes einzelnen Theiles ganz unabhängig von der Menge der Theile ist; das Gewicht aber als die Summe der Bestrebungen aller Theile sich genau nach der Masse richtet. — — Die Größe des Druckes aller Theile zusammengenommen auf ihren Untersatz ohne Rücksicht auf ihren Rauminhalt, heißt absolutes Gewicht. Z. B. die Größe des Druckes von einem Pfund Holz, Eisen, Bley u. s. w. bestimmt ihr absolutes Gewicht, und ist im Pfunde Holz, Eisen, Bley, u. d. gl. durchgehends gleich, obwohl das Pfund Holz von einem größern Raume, als das Eisen, und dieß wieder einen größern, als das Bley einnimmt; doch sind ihre Massen, und also auch ihre absoluten Gewichte gleich; daraus erhellet es also deutlich, daß sich das absolute Gewicht der Körper nicht nach der Größe ihres Rauminhalts, sondern bloß nach der Masse richte. — Der Unterschied des absoluten Gewichtes, welches verschiedenen Materien eigen ist, und das wir bey verschiedenen Materien von der nämlichen Größe verschieden antreffen, wird das eigenthümliche oder specifische Gewicht der Körper genennt, Z. B. eine Kugel von Bley wirkt mit einem größern Drucke, als eine eben so große hölzerne Ku-

gel,

gel, weil die Bleykugel ihrer Art nach dichter (§. 11.) und also unter dem nämlichen Rauminhalte mehr materielle, und drückende Theile enthält, als das Holz; daher sagt man, das eigenthümliche Gewicht des Bleyes seye größer, als das des Holzes. — Der Unterschied des absoluten Gewichtes zween gleichgrosser ungleichartiger Körper bestimmt auch das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes zwischen denselben. Wenn man also hingegen sagt: das eigenthümliche Gewicht des Wassers sey = 1, und jenes des Quecksilbers = 14; so ist dieß eben so viel, als wenn man sagte: daß eine gewisse Menge z. B. eine Kanne Quecksilber vierzehnmal mehr wiege, als eine Kanne Wasser.

§. 45.

Von dem Falle der Erdkörper mittels ihrer Schwere.

Der Fall der Körper ist im gemeinsten Verstande die Bewegung der Körper mittels ihrer Schwere. — Den Fall der Körper kann man füglich in den freyen Fall, und in den Fall auf vorgeschriebenen Wegen abtheilen; denn kann die Schwere frey ohne Hinderniß wirken, so erzeuget sie wirkliche Bewegung nach der lothrechten Richtung auf die Erdfläche, z. B. eine Kugel aus der Hand freygelassen. Wird aber die Schwere zum Theil gehindert, und kann sie also nur zum Theil wirken, so entstehen Druck, und Fall zugleich nach einer vorgeschriebenen Richtung. Z. B. eine Kugel, die auf einer schiefen Fläche schief herabrollt, und zugleich die Fläche mit einem Theile ihres Gewichtes drückt.

§. 46.

Von dem freyen Falle.

Bey dem freyen Falle der Körper nehmen wir verschiedene Naturerscheinungen wahr, woraus die Naturlehrer gewisse Gesetze abstrahieren. — Die vorzüglichsten davon sind folgende:

Gesetze des freyen Falles.

I. **Alle Erdkörper fallen sich selbst überlassen lothrecht zur Oberfläche der Erde hin.** — — Wir beobachten dieß Phönomen an allen flüssigen sowohl, als festen Körpern aus allen drey Reichen der Natur, mit denen wir Beobachtungen und Versuche anzustellen vermögend sind. Die Alten haben die Allgemeinheit dieses Phönomens nicht genau gekannt; sie glaubten, es gebe auch Körper, die von Natur in die Höhe steigen, wie wir dieß an dem Rauche, an der Lichtflamme, und an andern Dünsten sehen, welche anstatt abwärts zufallen, sich vielmehr in die Höhe erheben; und diese Körper haben sie leicht genannt, um sie von den andern zu unterscheiden, welche ein Bestreben äußern, sich gegen die Erde zu bewegen. — Allein man weiß es gegenwärtig, daß die Rauchtheilchen, und andere Dünste nicht deßwegen in die Höhe steigen, weil sie gar keine Schwere haben, sondern weil sie von der Luft eben so, wie das Holz im Wasser, in die Höhe gehoben werden; denn in einem Raume, welchen man unter der Glocke der Luftpumpe luftleer gemacht hat, fallen Rauch, und Dünste, so gut wie andere Körper, zu Boden. Aus der Allgemeinheit dieses Phönomens folgerten demnach die Naturlehrer,

lehrer, daß die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Erdkörper seye. — Die Ausnahme, welche der so würdige Naturlehrer Herr Gren wider die Allgemeinheit dieses Satzes gemacht hat, da Er in dem Grundriße seiner Naturlehre dem Wärmestoff die Schwere abgesprochen, hat eben der nämliche Herr Prof. Gren in seinen neuern Werken nicht so erheblich gefunden, daß hiedurch die Allgemeinheit des vorigen Satzes schwankend gemacht werden könnte.

II. **An eben demselben Orte * der Erde, und im luftleeren Raume fallen alle Körper, grosse, und kleine von größerm, und kleinerm Gewichte mit einerley Geschwindigkeit.** Diese Erscheinung unter vorausgesetzten Bedingungen gründet sich auf folgende Versuche: Läßt man unter einer gläsern Glocke, welche durch Hilfe der Luftpumpe von der Luft, so viel möglich, leer gemacht worden, ein Stücken Gold, Bley, Papier, und eine Feder in einerley Augenblick von gleicher Höhe herabfallen, so kommen alle diese Körperl, ungeachtet sie in Ansehung ihres Gewichtes sehr verschieden sind, zu gleicher Zeit auf dem Teller der Luftpumpe an. — Diese gleiche Geschwindigkeit im Fallen findet auch nicht selten in der freyen Luft statt, wenn wir z. B. Gold, oder Bleykugeln von verschiedenen absoluten Gewichte, gegen welche der Widerstand der Luft nicht merklich verschieden ist, entgegen wirken kann, frey herabfallen lassen. Den physischen Grund dieses Phönomens habe ich schon

im

im 44. §. angemerkt, und folgt also schon aus dem Begriffe der Schwere. — — Warum aber gemeiniglich nicht alle Körper auch in der freyen Luft mit der nämlichen Geschwindigkeit herabfallen, ist keine Wirkung der Schwere, (denn sonst müßten diese auch im luftleeren Raume mit ebenso ungleicher Geschwindigkeit fallen) sondern bloß eine Wirkung des Widerstandes der Luft, und gehört nicht zur Betrachtung des freyen Falles an sich; hebt auch die Allgemeinheit des Naturgesetzes, das die Naturforscher aus dem vorigen allgemeinen Phönomen mit Rechte abgezogen haben, nicht auf.

* **An eben demselben Orte der Erde;** denn in Gegenden, die von dem Mittelpunkte der Erde mehr entfernet sind, ist auch die Geschwindigkeit des Falles kleiner, als in Gegenden, die eben diesem Mittelpunkte näher liegen; wie ich in der Folge bey der Pendelbewegung zeigen werde, und woraus man folgert, daß die Schwerkraft desto mehr wirke, je kleiner die Entfernung der Körper von dem Mittelpunkte der Erde ist.

III. Der freye Fall der Körprr ist eine gleichförmig beschleunigte Bewegung. — Galiläi, und andere berühmte Naturforscher haben in ihren Versuchen beobachtet, daß jeder fallende Körper alle Augenblicke geschwinder falle, alle in den nächst vorhergehenden, und daß dieses Wachsthum der Geschwindigkeit nach einem unveränderlichen Gesetze geschehe, und zwar,

daß

daß ein fallender Körper, wenn er nicht zu weit von der Oberfläche der Erde entfernt ist, in einem solchen Raume, wo seine Bewegung keinen besondern Widerstand leidet,

in der ersten Secunde	15	Pariser	Schuhe
— — zwoten — —	45	—	—
— — dritten — —	75	—	—
— — vierten — —	105	—	—
— — fünften — —	135	—	—
— — sechsten — —	165	—	—
— — siebenten — —	195	—	—

u. s. w. zu durchlaufen pflege.

Betrachten wir nun die Zahlen von 15, 45, 75, 105, 135, 165, 195, u. s. w. welche die Anzahl von pariser Schuhen, oder die Räume, durch welche sich ein fallender Körper in jeder nachfolgenden Secunde bewegt; so werden wir finden, daß der Raum, welcher in der zwoten Secunde durchlaufen wird, = 45 Schuhe dreymal größer seye, als jener in der ersten Secunde = 15 Schuhe; daß der Raum in der dritten Secunde = 75 Schuhe fünfmal größer seye, als jener in der ersten, und der Raum in der vierten Secunde = 105 Schuhe siebenmal größer, als jener in der ersten Secunde; daß also die Räume, welche in den sich nacheinander folgenden Secunden durchlaufen werden, wie die ungraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. w. wachsen; und auf solche Art die Geschwindigkeit des fallenden Körpers in jeder Secunde um zweymal fünfzehn größer, als in der nächst vorhergehenden seye. — —

Ein

Ein jeder Körper fallt dann sich selbst überlassen, und frey mit gleichförmig beschleunigter Bewegung zur Erde, weil die Wachsthume der Geschwindigkeit in jeder Secunde der ganzen Fallzeit durchgehends = 2 sind.

Aus dieser Beschleunigung des Falles der Körper lassen sich verschiedene lehrreiche, und anwendbare Folgesätze ziehen, wie auch merkwürdige Erscheinungen, und Begebenheiten erklären, die uns sehr befremden würden, wenn uns die Gesetze, nach welchen die Schwere wirkt, unbekannt wären.

1. Folgesatz. Mit dem Wachsthume der Fallzeit, oder der Anzahl der Momenten, und mithin auch mit der Höhe, von der ein Körper herabfallt, wachst auch die Anzahl der Zuwächse der Geschwindigkeit.

2. Folgesatz. Da die einzelnen Räume von einem Momente zum andern nach ungeraden Zahlen, oder in arithmetischer Progression wachsen, (§. vorgeh.) und der Körper in der ersten Secunde seines Falles einen Raum von 14 pariser Schuhe durchläuft; so fallen die Körper in der zwoten Secunde durch einen Raum 15 x 3 = 45 Schuhe
in der dritten durch — 15 x 5 = 75 —
in der vierten durch — 15 x 7 = 105 —
in der fünften durch — 15 x 9 = 135 —
in der sechten durch — 15 x 11 = 165 —
u. s. w. — Nehmen wir nun die Räume zusammen, die zu Ende einer jeden Sekunde durchlaufen

werden,

werden, für die Höhe des Falles; so werden wir finden, daß der ganze Raum, oder die Höhe nach Ende des Falles

in zwo Secunden $1 + 3 = 4$
in drey — — $1 + 3 + 5 = 9$
in vier — — $1 + 3 + 5 + 7 = 16$
in fünf — — $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$

und sohin wie die Quadraten der Zeiten sich verhalten; nämlich 1, 4, 9, 16, 25, u. s. w. — Wissen wir mithin einmal die Anzahl der Secunden, die ein Körper von einer gewissen Höhe z. B. von einem Thurme zu fallen braucht, so kann die Höhe ganz leicht gefunden werden; man darf nur die Anzahl der Secunden quadrieren, und dann mit dem Raume in der ersten Secunde = 15 Sch. multiplicieren. Z. B. ein Stein braucht 10 Secunden im freyen Falle von einer gewissen Höhe; mithin $(10)^2 = 100 \times 15 = 1500$ Schuhe, so hoch ist also der Thurm, von dem der Stein herabfiel. — — Will man hingegen aus der gegebenen Höhe die Zeit des Falles finden; so dividiere man die Höhe durch 15, und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel, die uns die Anzahl der Sekunden, oder die Dauer des Falles giebt. Z. B. die Höhe des Thurmes seye 1500 Schuhe, mithin $\frac{1500}{15}\ \sqrt{100} = 10$ Secunden. Es braucht also ein Stein zum freyen herabfallen von einem 1500 Schuh hohen Thurme 10 Secunden. — — Auf gleiche Weise läßt sich bestimmen, daß eine Flintenkugel,

Die Höhe des Falles bestimmen.

Die Zeit des Falles bestimmen.

tenkugel, wenn man sie von einer Höhe zu 6000 Schuhe herabfallen läßt, um diesen Raum zu durchlaufen 20 Sekunden vonnöthen habe: man dividiere nämlich 6000 durch 15, so wird der Quotient = $\sqrt{400}$ = 20 Secunden seyn, d. h. der Körper wird im freyen Falle zu einer Höhe von 6000 Schuhe 20. Secunden brauchen, und der Raum in der 20 Sekunde wird nach der Progression = 585 Schuhe groß seyn; es wird daher die Wirkung so einer Kugel, die von einer Höhe à 6000 Schuhe herabfällt, eben so groß seyn, als wenn sie aus einer Flinte mit der gewöhnlichen Ladung von Pulver geschossen worden wäre; denn so eine geschossene Kugel durchlauft ebenfalls in einer Secunde 585 — 600 Schuhe, mithin ist die Geschwindigkeit der von benannter Höhe herabgefallenen Kugel in der 20. Secunde eben so groß, als die Geschwindigkeit der geschossenen, und sohin auch ihre Wirkung, oder Gewalt, die selbe ausübt, in beyden Fällen gleich.

Zufolge der vorigen Sätze ist also die Gewalt eines Steines, oder eines andern Körpers desto grösser, je mehr die Höhe betragt, von welcher er herabfallt; und ist so dem Physiker nicht mehr unerklärbar, daß die Schlossen in einigen Gegenden, wo die Gewitter vorzüglich wüthen, zuweilen nicht nur Menschen, und Viehe tödten, sondern auch oft sehr starke Baumäste beschädigen, die Dächer der Häuser zerschmettern, und andere zerstörende Wirkungen hervorbringen, derer außerordentliche Gewalt nur

deßwegen

deßwegen so groß, weil sie aus sehr hohen Wolken herabfallen, und daher am Ende eine so ausserordentliche Geschwindigkeit erhalten. Wenn das Gewitter nur eine halbe gemeine Meile hoch steht; so brauchen sie etwa 24 Secunden den Erdboden zu erreichen, und dann fallen sie in der letzten Secunde bey 705 Schuh tief, welches außerordentlich viel ist, da kaum eine abgeschossene Kanonenkugel so geschwinde fortbewegt wird. Zum Glücke werden die Schloßen von dem Winde, und der Luft oft merklich aufgehalten, und dadurch etwas langsam gemacht; sonst würden sie noch weit mehr Schaden anrichten, besonders wenn sie von recht beträchtlich hohen Wolken herabstürzen. Warum Schneeflocken, Regentropfen mit weniger Gewalt herabfallen, liegt nicht in dem Mangel der Schwere, sondern in dem Widerstande der Luft, welchen sie zu überwinden haben, ehe sie zur Erde kommen; und so ein Fall gehört nun nicht zur Betrachtung des freyen Falles.

§. 47.

Von der gleichförmig abnehmenden Bewegung.

So, wie nun durch die stetige Schwerkraft die Geschwindigkeit der fallenden Körper zunimmt, muß nach eben diesem Verhältnisse die Geschwindigkeit eines gerade in die Höhe geworfenen Körpers beständig abnehmen; weil die Schwerkraft, welche der Bewegung eines in die Höhe geworfenen Steines stets entgegenwirkt, die Geschwindigkeit um einen eben so großen Theil vermindert, als sie die selbe bey den fallenden Körpern vermehrt. Wird also

ein Körper gerade in die Höhe geworfen, so braucht er eben so viel Zeit zum Steigen, als er zum Fallen von eben dieser Höhe brauchen würde, wenn er z. B. mit einer solchen Gewalt senkrecht aufwärts geworfen, daß er in der ersten Secunde durch 165 Schuhe steige, so würde er

in der zwoten	— —	durch	135	—
in der dritten	— —	durch	105	—
in der vierten	— —	durch	75	—
in der fünften	— —	durch	45	—
in der sechsten	— —	durch	15	— steigen.

Nun würde seine Bewegung in die Höhe erschöpft seyn; er würde also wieder umkehren, und auf dem Rückwege in der ersten Secunde 15 Schuhe

in der zwoten	— —	45	—
in der dritten	— —	75	—
in der vierten	— —	105	—
in der fünften	— —	135	—
in der sechsten	— —	165	—

herab durchlaufen, so, daß er sechs Secunden zum Steigen, und eben so viel zum Herabfallen nöthig hätte. Es könnte daher ein Körper, der in gleichförmig beschleunigter Bewegung von einer gewissen Höhe herabfallt, mit den erhaltenen Zuwächsen der Geschwindigkeit nach abgeänderter Richtung wieder in der nämlichen Zeit zur nämlichen Höhe hinaufsteigen. Die Geschwindigkeit des Steigens schwerer Körper nimmt also nach den nämlichen Gesetzen

gleichförmig ab, wie jene des freyen Falles (vorig. §.) gleichförmig zunimmt.

§. 48.

Wenn ein schwerer Körper auf einer glatten Unterlage, oder Fläche AB, die mit einer wagerechten Ebne CB einem Winkel macht, und schiefe Fläche heißt, herabrollet, und alle Hindernisse der Bewegung außer Betrachtung gelassen werden, so kann nur ein Theil eh der ganzen Schwere eg auf seine Bewegung wirken; der übrige Theil ef bewirkt senkrechten Druck auf die Unterlage, die diesen durch Gegendruck aufhebt; es kann also der Körper nicht senkrecht mit der ganzen Schwerkraft eg, sondern nur mit einem Theile der Schwerkraft nämlich eh, die man respective Kraft zu nennen pflegt, nach der Richtung der schiefen Fläche, als des ihm vorgeschriebenen Weges, herabfallen, und in diesem Fallen gewisse Gesetze beobachten: Von dem Falle auf vorgeschriebenen Wegen. Taf. I. Fig. 5.

I. Gesetz. Der Fall eines Körpers über die schiefe Fläche ist eben so, wie der freye Fall (§. 46. C) eine gleichförmig beschleunigte Bewegung; denn der Theil eh der ganzen Schwerkraft, wirkt eben, wie im freyen Falle die ganze Schwerkraft, auf den ruhenden sowohl, als bewegten Körper stetig, und immer gleich fort; sie fügt also in jedem Zeittheile der schon erlangten Geschwindigkeit immer gleiche Zusätze nach einerley Richtung hinzu. Dieß Gesetz beweiset folgender Versuch: Gesetze des Falles über die schiefe Fläche.

Versuch. Taf. I. Fig. 6.

Man ziehe einen metallenen Drath, oder starke Darmsäite AB ohngefähr 12 Schuhe lang unter einem Winkel mit dem Horizont von ungefähr 22 $\frac{1}{2}$ Grad recht stark an, und lasse mit ihr einen hölzernen Stab von einem Zolle breit CD parallel herablaufen. E ist ein beweglicher schwerer Körper, z. B. eine elfenbeinerne Kugel, welche mittels zwoer kleiner Rollen auf dem Drathe, oder Säite AB frey herablaufen kann; neben dem bereite man sich ein Pendel vor, das, während der Zeit die Kugel E von A bis x lauft, genau einmal schwingt, und bey jeder wiederholter Schwingung leise an ein an der Seite hangendes Glöckelchen anschlagt; die Größe dieses Raumes von A bis x trage man nun auf den hölzernen Stab CD hinüber, und theile diesen ganzen Stab samt der Säite in gleiche solche Theile ab; bey den Zahlen 1, 3, 5, 7, aber bohre man von unten eine kleine Oeffnung, um darein der Quere nach ein längers Brettchen gf aus- und einstecken zu können, an welches die herablaufende Kugel aufstossen muß. — Während nun die Kugel von A bis 1 lauft, und an das Brettchen gf, das anfangs bey 1 eingesteckt ist, anschlägt, schlägt auch im nämlichen Moment das Pendel nach einer Schwingung an das Glöckelchen an; steckt man nun das Brettchen gf bey 3 hinein, und läßt die Kugel wieder von A bis 3 zum Brettchen laufen; so wird das Pendel genau zweymal schwingen, und also das zweytemal an das Glöckchen anschlagen, wo die Kugel von A bis 3 lauft, und zugleich an das Brettchen gf anschlagt.

schlagt. Nun stecke man das Brettchen gf bey der Zahl 5 ein, und lasse wieder das Pendel, und die Kugel zugleich los; während das Pendel dreymal schwingt, und nach der dritten Schwingung an das Glöckel anschlägt, schlägt auch die Kugel zugleich bey der Zahl 5 an das Brettchen an, u. s. w. Da nun diese Schwingungen in gleichen Zeitmomenten vollbracht werden, wie ich in der Folge zeigen werde, so folgt unmittelbar, daß im ersten Moment der Raum = 1, im zweyten der Raum = 3, mithin zusammen in zwey Momenten der Raum = 4; im dritten Momente der Raum = 5, und also zusammen in 3 gleichen Momenten, oder Schwingungen der Raum = 9, von dem schweren Körper durchlaufen werde. Es wachsen daher die einzelnen Räume, wie die ungleichen Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. w.; die ganzen Räume aber zusammengenommen, wie die Quadraten der Zeiten, oder nach dem nämlichen Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung im freyen Falle, (§. 47.) und sohin ist der Fall eines Körpers über die schiefe Fläche eben so, wie der freye Fall, eine gleichförmig beschleunigte Bewegung.

II. Gesetz. Die respective Kraft, mit der ein Körper über die schiefe Fläche herabfällt, ist a) auf der nämlichen schiefen Fläche desto größer, je größer das absolute Gewicht des herablaufenden Körpers ist, so wie auch b) die respective Kraft des nämlichen Körpers auf zwo ungleichen schiefen Flächen im gera-

den Verhältnisse mit der Höhe, und im verkehrten mit der Länge ist.

Beweise aus Versuchen. Taf. II. Fig. 1.

a) Versuch. Man lege auf die schiefe Fläche AC zwo an einer Achse beweglichen Kugeln, wovon das absolute Gewicht der einen doppelt so groß, als jenes der andern ist, z. B. eine von Bley, die andere von Elfenbein. Um die respective Kraft der doppelt so schweren Kugel in der Ruhe zu erhalten, wird bey E eine doppelt so große Kraft erfodert, als jene, welche der respectiven Kraft der halb so schweren Kugel das Gleichgewicht hält; es muß also auch die respective Kraft in der erstern auf der nämlichen schiefen Fläche noch einmal so groß seyn, als jene der zwoten, weil auch das absolute Gewicht der ersten noch einmal so groß als jenes der zwoten Kugel ist; welches nun auch gar leicht schon daraus erklärbar ist, daß das absolute Gewicht in zwo Kräfte in die Drück-, und in die respective Fallkraft zerfällt; ist also das absolute Gewicht in der Bleykugel noch einmal so groß, als in der andern, so müssen auch in der Bleykugel sowohl die Druck-, als die respective Fallkraft nochmal so groß seyn, als jene in der andern sind.

Beweise aus Versuchen.

b) 1. Versuch. Um auf einer schiefen Fläche von doppelter Höhe, aber gleicher Länge mit einer andern die nämliche Last auf die vorige Art im Gleichgewichte zu erhalten, wird bey E eine doppelte Kraft erfodert von jener, die eben diesen Last auf einer Fläche von einfacher Höhe in der Ruhe erhält;

mit-

mithin muß auch die respective Kraft bey einer schiefen Fläche von doppelter Höhe auch doppelt so groß seyn, als die respective Kraft bey der Fläche von einfacher Höhe; d. h. die respective Kraft muß im geraden Verhältnisse mit der Höhe seyn, wenn die absoluten Gewichte, und Längen gleich sind; denn je größer die Höhe ist bey der nämlichen Länge, desto mehr ist die Fläche zur senkrechten Richtung geneigt, mithin die respective Fallkraft weniger unterstützt, nnd daher desto größer; wenn aber die Fläche sich mehr zum Horizont neiget, aus entgegengesetzter Ursache desto kleiner.

2. Versuch. Man lege den nämlichen Last, wie vorhin, auf zwo gleich hohe schiefe Flächen, derer Längen sich verhalten, wie 1 : 2 d. i. bey denen die Länge von einer noch einmal so groß, als die Länge der andern; um auf der Ebene von doppelter Länge den Last im Gleichgewichte zu erhalten, wird bey E eine einfache Kraft erfodert von jener, die dem Laste auf der nochmal so kurzen Fläche das Gleichgewicht hält, mithin wird auch die respective Kraft auf der nochmal so langen Fläche nochmal so klein seyn, als jene auf der nochmal so kurzen Fläche ist, d. h. allgemein ausgedrückt, um das, was bey zwo gleich hohen Flächen die Länge von einer größer, als bey der andern ist, um das wird auch bey jener die respective Kraft kleiner, oder im verkehrten Verhältnisse mit der Länge seyn; denn je länger die Fläche bey gleicher Höhe ist, desto mehr ist die Schwere des aufliegenden Körpers unterstützt;

mithin

mithin desto größer die Druckkraft, und auf diese Art desto kleiner die respective Fallkraft.

Taf. II. Fig. 2. III. Gesetz. In der nämlichen Zeit, in welcher der Körper F im freyen Falle von A bis B kömmt; wird selber auch auf der schiefen Fläche von A bis D, oder von A bis E kommen, d. i. auf jenen Punct der schiefen Fläche, welchen die senkrechte Linie vom rechten Winkel B aus nach D, oder E gezogen bestimmet.

Versuch. Versuch. Wenn wir zwo Bleykugeln von gleichem Gewichte eine senkrecht von A aus, die andere auf der schiefen Fläche von A aus fallen lassen, und bey D oder E ein Querbrettchen festsetzen; so werden die zwo Kugeln in B, und D oder E zugleich auffallen; sie kommen also zu gleicher Zeit von A bis B im senkrechten Falle, in der sie auf der Ebene von A bis D, oder von A bis E fallen. — — Bemerkt man also den Raum, den eine Kugel binnen einer Secunde auf einer schiefen Fläche herabrollt, so ist dieser Raum eine Sehne eines Zirkels, dessen Durchmesser 15 $\frac{5}{8}$ Schuhe, als den Raum des freyen Falles eines Körpers in einer Secunde beträgt. — — Macht man nun in der vorigen Figur AB zum Durchmesser eines Zirkels, so fallen die Puncte D, und E in die Peripherie des nämlichen Zirkels; und da die Linien AD, in der nämlichen Zeit durchlaufen werden, in welcher der Durchmesser beschrieben; so folgt daraus auch der richtige Satz,

das

das alle Sehnen in einem Zirkel in gleicher Zeit durchgelaufen werden; wie es auch die Versuche bestättigen.

IV. Gesetz. Der Grad der Geschwindigkeit, den die respective Kraft über die Fläche am Ende bey C hervorbringt, ist eben der nämliche, wie der Grad der Geschwindigkeit des freyfallenden an seinem Ende B ist; denn der Grad der Geschwindigkeit am Ende des Falles wird so wohl im freyen, als schiefen Falle aus der Höhe bestimmet; nun ist aber die Höhe des Falles gleich, mithin auch die Grade der Geschwindigkeit gleich, wie es auch folgender Versuch beweiset: Vorige Figur.

Versuch. Man lasse eine bleyerne Kugel D über die schiefe Ebene AC, und nachher über die Höhe AB auf einen weichen Thon hinabfallen; es werden die Eindrücke von dieser Kugel in beyden Fällen gleich seyn, mithin muß auch die Geschwindigkeit am Ende C eben die nämliche seyn, wie die im senkrechten Falle am Ende B ist. Taf. II. Fig. 3.

* Durch die Rauhigkeit der Oberflächen kann aber ein Körper auf einer schiefen Ebene erhalten werden, von der er sonst der Schwere wegen herabrollen, oder gleiten müßte; und da alle Oberflächen der Körper mehr oder minder rauhe gefunden werden, so muß das Fallen der Körper über die schiefen Flächen sowohl von dem Widerstande der Luft, der auch den freyen Fall etwas hindert, als auch von der Rauhigkeit der Oberflächen etwas

einge-

eingehalten werden (wie ich in der Folge zeigen werde); daher die vorhergehenden Gesetze nie ganz genau durch Versuche beståttiget werden können.

§. 49.

Von der einfachen Bewegung.

Einfache Bewegung heißet man die, welche oder nur eine Kraft, oder mehrere Kräfte nach der nämlichen geraden Richtung, oder auch nach gerade entgegengesezten Richtungen zur wirkenden Ursache hat.

Gesetze.

I. Gesetz. Jede einfache Bewegung ist geradlinicht; denn sie erfolgt nothwendig nach jener Linie, nach welcher die Richtung der Kraft, oder die Richtung der mehrern Kräfte liegen; nun aber bleibt die Richtung einer oder mehrer Kräfte in der einfachen Bewegung immer die nemliche, mithin muß auch die einfache Bewegung geradlinicht seyn, wie die Richtung der Kräfte geradlinicht ist. Zu Beyspielen dienet uns der freye Fall der Körper durch die Schwerkraft; der Lauf eines Wagens, den mehrere Pferde nach einerley Richtung ziehen; oder die Bewegung eines Lastes an einem Stricke, an dem mehrere Menschen in gerader Linie ziehen; endlich das Aufsteigen eines lothrecht in die Höhe geworfenen Körpers, wo die Schwere oder Richtung des Wurfes geradlinicht entgegenwirkt; in allen diesen Fällen ist die Bewegung geradlinicht, und ist auch kein Grund da, warum die Bewegung krumlinicht seyn, oder ihre Richtung abgeändert werden sollte.

II. Ge=

II. Gesetz. Wenn zwo oder mehrere Kräfte nach einerley Richtung auf einen Körper wirken, so machen sie zusammen die Summe der Kraft aus, welche mit der Wirkung in Verhältnisse steht.

Beobachtungen. Je mehrere Kräfte einen Last nach der nämlichen Richtung stossen, oder ziehen wollen, desto leichter wird der Last bewegt werden, so, daß immer diese Bewegung mit der Summe der Kräfte im Verhältnisse stehe.

1. Versuch. Man nehme 2, 3, oder 4 Gewichter, verbinde sie mit dem Stricke, an dem ein Last angebracht ist; die Wirkung wird genau mit der Summe der Kräfte oder Gewichter im Verhältnisse seyn. Z. B. wir wollen einen Last $\doteq$ 4 tt. ziehen, so hängen wir nun 4 kleine Gewichter eines nach dem andern an, so wird ihre Wirkung mit der ganzen Last im Verhältnisse seyn.

2. Versuch. Ein mittels eines Bogens abgeschossener Pfeil wird von einem gewissen Standpunkte in die Scheibe bey weiten nicht so tief eindringen, als wenn man auf das Ziel hinzulauft, und gerade im vorigen Standpunkte den Bogen abdrückt; indem beyde Kräfte, die Kraft des Laufes, und die Kraft des Abschiessens einerley Richtung haben, so müssen sie bey ihrer Vereinigung sich nothwendig einander zu Hilfe kommen, und also die Bewegung der Summe den vereinten Kräften gleich werden: das nemliche lehrt uns auch die Beobachtung bey dem

Wurfe

Wurfe eines Körpers, welcher viel weiter geworfen wird, wenn wir einen Anlauf nehmen, als wenn wir still stehen.

III. Gesetz. Wenn zwo Kräfte nach gerade entgegengesetzten Richtungen auf einen Körper wirken, und diese Kräfte A) gleich sind, so bleibt der Körper in der Ruhe; sind aber B) die Kräfte ungleich, so wird der Körper nach der Richtung der stärkern Kraft bewegt durch den Ueberfluß, oder Ueberrest der Kraft.

A) 1. Versuch. Eine Kugel, die nach entgegengesetzten Richtungen von gleich großen Gewichtern angezogen wird, bleibt in jedem Orte der Richtung der Kräfte in Ruhe; denn es ist unmöglich, daß er zu gleicher Zeit nach der rechten, und zugleich nach der linken Seite gehen könne, weil keine Ursache da ist, warum er eher zur rechten als zur linken, oder umgekehrt gehen sollte.

2. Stossen zwo Kugeln zugleich nach entgegengesetzter Richtung mit gleichen Kräften auf eine dritte, so wird die dritte unbewegt bleiben. — Fälle von dieser Art giebt es viele im gemeinen Leben; z. B. das Schiff am Anker; der Kahn am Stricke u. s. w.

B) 1. Versuch. Eine Kugel, die nach entgegengesetzten Richtungen von 2 gleichen Gewichtern jedes zu 2 tt. gezogen wird, wird ruhen; hängt man nun zu einem Gewichte noch 1 tt. hinzu, daß sich

mithin

mithin die Gewichte wie 2 : 3 verhalten, so wird diese Kraft wie 1 die Kugel bewegen, d. i. die Kugel wird bewegt nach der Richtung des Stärkern durch den Ueberrest der Kraft = 1. — Fälle auch dieser Art giebt es viele im gemeinen Leben, z. B. die Bewegung verschiedener Laste durch Menschen, und Thiere, die alle durch den Ueberrest der Kräfte die Last in Bewegung setzen.

2. **Versuch.** Läßt man zwo Thonkugeln nach entgegengesetzter Richtung mit ungleichen Kräften aufeinander aufstossen, eine mit einer Kraft = 3, die andere mit einer Kraft = 6, so werden sie beyde zusammen durch den Ueberrest der Kräfte = 3, nach der Richtung der Kraft 6 fortbewegt.

§. 50.

Von der zusammengesetzten Bewegung.

Zusammengesetzte Bewegung entsteht, wenn zwo oder mehrere Kräfte auf einen Körper nicht nach der nemlichen, auch nicht nach gerade entgegengesetzten Richtungen, sondern ihre Richtungen vom Körper aus einen Winkel machen, z. B. wird ein Kahn von beyden Ufern her zugleich nach den Richtungen der Säile, die vom Kahne aus zu den beyden Ufern einen Winkel machen, gezogen, so ist das eine zusammengesetzte Bewegung.

Gesetz.

Wird ein beweglicher Körper von zwo gleichen Kräften, die auf ihn unter einen Winkel zusammenwirken, bewegt, so ist die Richtung der Bewegung der Mittelweg, oder die Diagonal desjenigen Parallelograms, welches aus beyden Richtungen entsteht.

Ver=

Versuche mit zwo besondern Maschienen, und mit einem Schiffe, das mittels zwey kleiner Gewichte, die an zwo Schnüren unter einem Winkel gegen beyde Wände eines Gefäßes über zwo Rollen ablaufen, den Mittelweg fortbewegt wird.

Erklärung. Die Wirkung muß beyden Ursachen, weil sie gleich sind, auch gleich entsprechen; nun aber würde die Wirkung nicht beyden gleich entsprechen, wenn der Körper nicht den Mittelweg, oder die Diagonal nehme; denn würde er sich mehr der Kraft A, oder mehr der Kraft B nähern, so wäre die Wirkung gegen einer Seite größer, als gegen der anden, mithin würde sie nicht beyden Ursachen gleich entsprechen.

1. Folgesätze. Die Diagonal eines Parallelograms ist kürzer als die Summe seiner beyden Seiten, mithin ist auch der Raum, den der Körper mit solchen zwoen Kräften durchwandert, kleiner, als die Summe der Räume beyder Kräfte, wenn eine nach der andern gewirket hätte.

2. Die Räume sind aber bey der gleichförmigen Bewegung wie die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten, mithin ist auch die Geschwindigkeit durch die Diagonal kleiner, als durch die Summe der Seiten.

3. Die Diagonal wird zur nemlichen Zeit durchlaufen, in welcher die Summe der beyden einzelnen Räume durch die einzelnen wirkenden Kräfte beschrieben werden.

4. Wa=

4. Warum also die Geschwindigkeit und die Räume durch die Diagonal kleiner sind, kommt daher, weil sich die Kräfte unterm Winkel etwas entgegengesetzt sind, durch welchen Gegensatz von den Kräften etwas aufgehoben wird; je stumpfer also der Winkel, desto größer ist der Gegensatz, desto mehr wird also aufgehoben, desto kleiner also die Diagonal, oder der Raum und die Geschwindigkeit; je spitziger hingegen der Winkel, desto weniger wird aufgehoben, desto größer also die Diagonal, oder die Geschwindigkeit und der Raum. — Je weiter also der Fluß, desto härter ist ein Last an den Ufern hinaufzuführen, so wir auch mit dem Schiffe in einem weitern Gefäße beweisen. — Von der zusammengesetzten Bewegung kommen im gemeinen Leben viele Fälle vor: z. B. ein nasser Kirschkern, der zwischen zwey Fingern gehalten, und hinten gedrängt wird, geht in der Diagonal fort, die ihm beyde Finger anweisen. — Die Bewegung des Fisches im Wasser, der Schlange auf den Boden, oder im Wasser; will der Fisch in der Mitte fortschwimmen, so schlängt er mit dem Schwanz einmal zur rechten, und einmal zur linken, die nachfolgenden kleinern Schlage waren der ersten proportional.

§. 51.

Eine krummlinichte Bewegung heißt man jene, in welcher ein Körper in jedem Augenblicke von seiner geraden Richtung abweicht. Von der krumlinichten Bewegung.

Allge=

Allgemeines Gesetz. Da der einmal durch eine äußere Kraft bewegte Körper seine Bewegung vermög seiner Trägheit, oder seines Unvermögens seine Richtung abzuändern, immer geradlinicht fortsetzt; so muß nothwendig, wenn in der Bewegung eine krumme Linie entsteht, eine zwote äußere Kraft daseyn, die in jedem Augenblicke die Richtung der ersten bewegenden Kraft abändert. —

Zu jeder krummlinichten Bewegung sind also wenigst zwo, oder mehrere äußere Kräfte nothwendig, die so unter einem Winkel auf einander wirken, daß eine als eine stetige Kraft die Richtung der andern in jedem Augenblicke abändere. Jede krumlinichte Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung. — Ich theile sie nun eben so, wie die geradlinichte Bewegung bey dem Falle der Körper, in die freye krummlinichte Bewegung, und in die auf vorgeschriebenen krummen Wegen ein. Zu der freyen krummlinichten Bewegung gehört (A) die **Bewegung der horizontal, oder schief geworfenen Körper**, und (B) die **Bewegung durch Centralkräfte**. Zu den krummlinichten Bewegungen auf vorgeschriebenen Wegen gehören das **Pendel**, und der **Fall im Kreise**.

§. 52.

A Bewegung der schief, oder horizontal

I. Gesetz. Wird ein schwerer Körper schief, oder horizontal geworfen, so beschreibt er eine krumme, und beynahe parabolische Linie. Denn auf so einen

gewor-

geworfenen Stein u. d. gl. wirken zwo Kräften unter einem Winkel, nämlich die schiefe, oder horizontale Wurfkraft einer Hand, oder eines Geschützes u. d. gl., und die Schwerkraft; die erste wirkt gleichförmig, die zwote beschleunigend; es sind mithin die Räume, die der Körper vermög der ersten durchlaufen würde, gleich; jene der zwoten aber wie die Raume in der beschleunigten Bewegung bey dem freyen Falle der Körper, nämlich 1. 3. 5. 7. ꝛc. ꝛc. Es ändert hiemit die stettige Schwerkraft die Richtung der Wurfkraft alle Augenblicke ab; es muß also die Diagonallinie, oder der Weg aus beyden Kräften eine krumme, und zwar beynahe parabolische Linie seyn, wie die höhere Mathematik beweiset, und womit auch die Erfahrung vollständig übereinstimmt.

geworfener schwerer Körper.

Taf. II. Fig. 4.

1. Versuch. Es werde einer kleinen Metallkugel durch den Fall in einer Rinne, die einen Viertelzirkel bildet, eine Geschwindigkeit nach einer horizontalen Richtung, und zwar nach der Tangente des zirkelförmigen Raumes mitgetheilet. Die Kugel bewegt sich nach der Richtung einer vorgezeichneten parabolischen Linie.

2. Versuch. Aus einem Springbrunnen, dessen Strahl verschiedene Richtungen annehmen kann, springt das Wasser aus jeder Richtung, die nicht perpendicular ist, nach einer vorgezeichneten Parabel.

3. Versuch. Eine lange Glasröhre werde mit Wasser gefüllet, und senkrecht gestellet, an dessen unterm Theile verschiedene kleine Oeffnungen, durch welche das Wasser mittels des Druckes der überstehenden Wassertheile hinausgetrieben wird; die Kraft der Schwere zwingt es von seiner horizontalen Richtung abzuweichen, und sich in seiner Parabel zu bewegen, die sich desto mehr ihrer Achse nähert, oder verengert, je mehr die Höhe in der Röhre abnimmt, d. i. jemehr der Druck, und die davon abhangende Kraft, mit welcher der Strahl nach derhorizontalen Richtung getrieben, geschwächet wird.

* Es ist aber dieß keine mathematische Parabel, theils, weil die Richtungen der Schwerkraft bx, cy, dz nicht mathematisch parallel sind; indem sie zum Centrum der Erdkugel gehen; theils, weil auch die Schwerkraft in der verschiedenen Entfernung des geworfenen Körpers nicht durchaus gleichwirkt; theils endlich, weil die Bewegung in einem der Schwere widerstehenden Mittel geschieht, aus welchem Grunde Neuton diese krumme Linie mehr eine Hyperbole, als eine Parabel zu seyn glaubt.

II. Gesetz. Eine horizontalgeworfene, oder geschossene Kugel kommt durch seinen krummen Weg in der nemlichen Zeit auf die Erde, in welcher sie von der nemlichen senkrechten Höhe frey herabfällt. Eine auf einem hohen Thurme horizontalweit weggeschossene Kugel muß ebensobald zu Boden kommen, als eine andere von gleicher Masse, die man senk-

der

recht frey herabfallen läßt; nach der Theorie von der zusammengesetzten Bewegung wird die Diagonal mittels beyder Kräfte zur eben der Zeit durchlaufen, in welcher eine Seite mittels einer Kraft durchlaufen wird.

III. Gesetz. Unter einem Winkel von 45° ist die Wurfsweite, oder die Parabel am größten; und in gleichweit davon abstehenden Graden bey gleichen Wurfskräften durchaus gleich; weil bey dem Winkel von 45° die Schwerkraft am allerwenigsten von der Wurfkraft aufhebt, indem bey diesem Grade ihre Wirkung auf die Wurfkraft am schiefesten ist.

Ist also die Kraft, und der Winkel des geworfenen Körpers bekannt, so kann man auch die Wurfweite, die Parabel erfahren. Doch machen der ungleiche Trieb des Pulvers, der Widerstand der Luft, die Instrumenten u. d. gl. die Geschicklichkeit der ersten Artilleristen vereitelt.

Folgesätze. 1. Wenn die Maschin, aus welcher ein perpendicularer Wurf geschieht, wirklich in Bewegung, so wird der aus derselben in die Höhe geworfene Körper eben wieder zurückfallen, als wenn die Maschine stillgestanden wäre; diese Linie scheint zwar wegen der gemeinschaftlichen Bewegung den Schiffern, oder Reitern, welche eine Kugel senkrecht in die Höhe werfen, in ihrer Rückkehre vertical zu seyn; indem sie eben an dem Mastbaume, neben dem sie abgeschossen, wieder herabfällt; der aber am Ufer steht, wird die Krümmung augenscheinlich

entdecken. Es ist also auch dieser senkrechte Wurf aus zwo Kräften unter einem Winkel zusammengesetzt; denn nebst der senkrechten Wurfkraft a P bringt auch der aufsteigende Körper die mit dem Schiffe gemeinschaftliche horizontal Bewegung a d mit sich; es muß also der Körper schon im ersten Momente die Diagonal ao machen, und ist mithin so viel, als wenn er schief nach der Richtung ao geworfen worden wäre; und da nun die Schwerkraft stetig auf die bewegende Kraft wirkt, so muß die Linie gekrummet seyn, und das Schiff, oder der Reiter wird während der Zeit die subtensam ab machen, in welcher der geworfene Körper die krumme Linie bca macht, und so wieder in den nemlichen Punkt zurückfallen, aus welchem selber geworfen worden.

Taf. II. Fig. 5.

2. Diesem Zufolge, wird auch eine Stuckkugel (vorausgesetzt, daß die Erdkugel sich in 24 Stunden um die Achse herumdrehe) welche senkrecht aufwärts geschossen wird, wieder in die Mündung der Kanone zurückfallen, obwohl die Kanone selbst mit der Erde weiters bewegt worden; es ist also auch diese Richtung unserm Auge, wie dem Schiffer senkrecht, aber außer der Erde würden wir eben so, wie außer dem Schiffe die parabolische, oder vielmehr hyperbolische Wurfslinie genau beobachten; und da nun die Erde mit der Kanone die subtensam ab macht, so macht die Kugel die krumme Linie bcs.

3. Wenn also ein Schiffjunge, während das Schiff mit vollen Segeln fortgeht, von dem Mastkorb

korbe herabfällt, wird selber hart am Fuße des Mastbaumes herabfallen, in einer Richtung, die denen am Gestade augenscheinlich krumm erscheinen muß.

§. 53.

Wenn zwo Conspierirende Kräfte von der Art sind, daß ein Körper durch die eine alle Augenblicke gegen einen gewissen Punkt getrieben, durch die andere Kraft aber von demselben entfernet wird, so wird der Körper von diesen zwo Kräften um den nemlichen Punkte in einer krummen Linie herumbewegt; z. B. ein Stein, ein Glas wird in einer Schläuder, oder in einem Reife, oder in einer Schnure herumbewegt. So eine Bewegung heißt Central-Bewegung; und die Kräfte, die selbe bewirken, Central-Kräfte, wovon jene, die den Körper jeden Augenblick gegen den festen Punkt zu ziehen sucht, insbesondere Centripedalkraft; diese aber, welche den Körper von diesem Punkte wegzutreiben sucht, Schwung- oder Centrifugal-Kraft genennt wird. Der feste Punkt heißt der Mittelpunkt der Kräfte. Wenn der Körper in jedem Punkte seiner Bewegung um den nemlichen Mittelpunkt gleichweit herumbewegt wird, so heißt die Zirkel-Bewegung.

B Bewegung durch die Central-Kräfte.

* Kann man aber wohl mit Recht die letztere eine eigene Kraft nennen, und ist es nicht vielmehr die Trägheit des Körpers selbst, vermög welcher er die geradlinichte Bahn nach der Tangente der krummen Linie seitwerts fortgehen würde? Darüber streiten

ten sich die größten Physiker ohne jemals darüber etwas zu entscheiden; wenn auch die Bewegung nach der Tangente in ihrer Fortsetzung im strengen Verstande keine Kraft mehr ist, sondern vielmehr eine fortdauerende Wirkung des durch äußere Kraft veränderten Ruhe-Zustandes, welche Wirkung nun die Stelle der Kraft vertritt, die der Abänderung seiner Richtung widersteht; so kann man sie doch in ihrer Wirkung im nicht zu strengen Verstande Kraft nennen, obwohl sie eigentlich nur der Widerstand ist, welchen die Trägheit der Krümmung der Bahne entgegengesetzt. Ist nun dieser Widerstand, oder diese Schwungkraft durchgehends der Centripedal-Kraft gleich, so muß ein Zirkel, ist sie bald größer, bald kleiner eine Elypse beschrieben werden.

§. 54.

Gesetze der Centralbewegung.

In der theoretischen Physik wird bewiesen, daß in jeder Kreisbewegung um einen, und den nemlichen Punkte erstens die Räume, welche mittels der Centralkräfte durchlaufen werden, mit ihren Zeiten in Proportion stehen. Zweytens, daß die Centripedalkraft im verkehrten Quadratverhältniß mit dem Abstande des im Kreise herumbewegten Körpers seye, und daß mithin die Quadraten der periodischen Zeiten sind, wie der Kubus der Entfernungen. Drittens, daß in der elyptischen Kreisbewegung die Schwungkraft im weitesten Abstande vom Mittelpunkte der Kräfte kleiner, als die Centripetalkraft, in dem kleinsten Abstande aber größer seye.

Da

Da nun aus astronomischen Erfahrungen der Planetenlauf nach den nemlichen Gesetzen in elyptischen Kreislinien vorsich geht, so läßt sich nicht mehr zweifeln, daß die Planeten durch eine Centralkraft gegen die Sonne getrieben werden, derer Stärke sich umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung verhält. Was die erste Bewegung der Himmelskörper verursacht hat, ist wohl nur dem Urheber derselben bekannt; man kann sich aber vorstellen, der in P befindliche Körper sey mit einer gewissen Geschwindigkeit nach der Richtung Q hingeworfen worden, und dieser durch die Centripedal-Kraft gegen S so, wie der Stein in der Schlinge gegen die Hand schwer ist; so muß der Körper P, je nachdem die Wurftkraft war, im Zirkel, oder elyptischen Linien um die Sonne herumbewegt werden. Taf. II. Fig. 6.

§. 55.

Die Größe der Schwungkraft.

Die Größe der Schwungkraft, in so weit wir sie als bewegende Kraft betrachten, wird in der Central-Bewegung in gleichen Umlaufszeiten bestimmet durch das Product aus der Masse, und der Entfernung, oder der Geschwindigkeit des in krummer Linie herumbewegten Körpers von dem Mittelpunkte der Kräfte. — Es hat also von zween beweglichen Körpern derjenige eine größere Schwungkraft, der die meiste Materie, oder bey gleicher Materie die größere Entfernung vom Mittelpunkte der Kräften hat. — Dieß Gesetz wird in der Central-Maschine mittels Versuche bewiesen.

1. Ver-

Taf. II. Fig. 7. 1. Versuch. Setzt man von zwo gleich grossen Kugeln, die mit einem seidenen Faden verbunden, und an dem Stångchen AB beweglich sind, die eine über den Mittelpunkte, die andere um die Långe des Fadens 3 bis 5 Zoll vom Mittel entfernet; so wird bey Umdrehung der Scheibe, die entferntere gegen das nåchste Ende hinfliehen, und auch die andere aus dem Mittelpunkte mit sich nehmen.

2. Wird der Faden zerschnitten, so geht die entfernte zwar bis zum Ende fort, die aber in der Mitte wird ruhig stehen bleiben; weil selbe als Punkt betrachtet gar keine Entfernung vom Mittelpunkte hat, mithin auch keine Schwungkraft; betrachte ich sie aber als einen Körper, so haben alle um den Mittelpunkte herumliegende Theile davon gleiche Entfernung, gleiche Masse, und auch so gleiche Schwungkråfte nach entgegengesetzten Richtungen.

3. Werden beyde in gleiche Entfernung vom Mittelpunkte gebracht, so bleiben sie beyde stehen, so schnell auch die Umdrehung seyn mag.

4. Zerschneidet man den Faden, so werden beyde mit gleicher Schwungkraft, nach entgegengesetzten Richtungen fortbewegt.

5. Nimmt man zwo Kugeln, derer Massen, oder Gewichte sich verhalten, wie 1 : 2 und stellt sie in gleiche Entfernungen vom Mittelpunkte, so fliegt die schwerere gegen das nåchste Ende, und reißt die leichtere mit sich fort.

6. Stellt man aber die leichtere in eine doppelte und die schwerere in eine einfache Entfernung vom Mittelpunkte, so bleiben beyde an ihren Stellen.

7. Füllt man eine gläserne Röhre mit flüßigen Materien von verschiedener specifischen Schwere z. B. Quecksilber, Wasser, und Luft, und befestiget diese Röhre verschlossen auf dem Träger CD in einer schiefen Lage, so wird das Quecksilber bey schneller Umdrehung den höchsten, und die Luft den niedrigsten Platz einnehmen.

Schlußfolge. Es ist also die Schwungkraft als Bewegungskraft betrachtet desto größer, je grösser bey gleicher Masse die Entfernung (1. 2. 3. 4. Versuch) und je größer bey gleicher Entfernung die Masse ist (5. Versuch); und endlich bey ungleicher Entfernung, und ungleicher Masse, wie das Produkt aus beyden (6. Versuch); denn man wird bey allen angeführten Versuchen finden, daß derjenige Körper den andern mit seiner Schwungkraft überwinde, bey welchem dieß Produkt größer, und daß diejenigen Körper sich einander nicht bewegen, bey welchen die Produkte gegen das Mittel gleich sind, oder bey welchen die Entfernungen vom Mittel sich umgekehrt, wie die Massen verhalten. Bey dem 7ten Versuche bewegen sich zwar anfangs die leichtern in einer grössern Entfernung, und sohin mit größer Geschwindigkeit; aber die Schwungkraft der schwerern wird wegen ihrer beträchtlichen Masse in einem weit größern

Ver=

Verhältnisse verstärkt; so treibt also die erste ans Wasser kränzende Lage des Queckſilbers das Wasser aus der Stelle, ihr folgt die zwote nach u. ſ. f., bis endlich die schwereste Materie an die äußersten Theile des Umkreises gedrungen ist.

Hieraus sind nun folgende Erscheinungen erklärbar.

1. Wie ein Becher mit Wasser auf einer Schlinge, oder auf einem Reife herumbewegt werden kann, ohne wegzufallen, und ohne das Wasser zu verschütten.

2. Warum das Wasser in einer Kugel entflieht, wenn die Oeffnung derselben vom Mittelpunkte der Kräfte nach der Richtung der Schwungkraft geht, hingegen wenn sie nach der Richtung der Centripedalkraft steht, nicht wegfließt.

3. Warum die Bewegung in krummen Linien den Thieren schädlich ist; ja oft in nicht zu langer Zeit tödtlich, wenn sie mit einer beträchtlicheu Geschwindigkeit verrichtet wird; denn die Säfte des thierischen Körpers, das Blut verrichten ihrer Natur wegen eben das, was wir in obigen Versuchen von den Kugeln, und flüßigen Materien gesagt haben, es entfernet sich von seinem Mittelpunkte der Bewegung von den Herzen, häuft sich in solchen Theilen an, an welchen es durch seine Menge die Gefäße erweitert, und die nebenliegenden Theile drücket, welcher Druck anfänglich einen Schwindel erreget;

wird

wird er stärker, oder dauert der Druck länger, so wird auch die Betäubung immer stärker, und dann folgt der Tod des Thieres. Daher entstehen durch allzuhäufiges Kreistanzen, und Schwingen an Seilen oft Schlagflüsse, wenn der Körper nicht eine geschickte Stellung hat.

§. 56.

Von der krummlinichten Bewegung auf vorgeschriebenen Wegen.

Zu der krummlinichten Bewegung auf vorgeschriebenen Wegen gehört die Bewegung des Pendels, und jene im Kreise.

§. 57.

Von der Pendel-Bewegung.

Ein schwerer Körper, der an einem Faden, oder an einer dünnen Stange aufgehangen wird, daß er sich um seinen festen Stift in Zirkelbögen bewegen könne, heißt das Pendel. — Faden, oder Stange, und Gewicht des schweren Körpers zusammengenommen, pflegt man Perpendicel zu nennen. Die Stifte woran der Faden hängt, heißt Aufhangspunkt. — Man kann dem Pendel verschiedene Gestalten geben, am besten aber schickt sich hierzu ein linsenförmiger Körper, bey welchem der Widerstand der Luft geringer ist, als bey einem kugelförmigen, oder bey den meisten Körpern einer andern Figur; daher man auch bey den großen Uhren gemeiniglich linsenförmige Pendel finden wird. — Wird der Faden angesehen, als hätte selber kein Gewicht, oder als eine geometrische Linie, und das

Ge-

Gewicht selbst als ein Punkt betrachtet, so heißt man das Pendel einfach. — Wenn wir schon in der Körpernatur kein einfaches Pendel antreffen, so kann doch bey den Versuchen ein sehr feiner Seidenfaden, oder Roßhaar, an dem ein schwerer Körper hängt, ohne großen Irrthume als ein einfaches Pendel gelten. — Werden aber an dem Faden zween oder mehrere schwere Körper der Länge nach aufgehangen, oder wird der Faden, das Stänchen selbst aus mehrern solchen schweren Körperchen der Länge nach als zusammengesetzt betrachtet, so heißt man es ein zusammengesetztes Pendel. — Das Auf-, und Absteigen des Pendels in dem Zirkelbogen heißt **Schwungbewegung**; und der Punkt, in dem man sich die ganze Schwere des Pendels als vereinigt vorstellen kann, der **Mittelpunkt des Schwunges**. — Der Abstand des Aufhangspunktes von dem Mittelpunkte des Schwunges bestimmet die **Länge** des Pendels; um also auch die Länge des zusammgesetzten Pendels bestimmen zu können, ist es zuvor nothwendig den Mittelpunkt des Schwunges zu finden, der aber genau nur mit Hilfe der höhern Mechanik gefunden werden kann. An einer gleich dichten und gleichschweren Ruthe ist selber $\frac{2}{3}$ der Länge von dem Aufhängspunkte entfernet. — Obwohl es in der Natur kein einfaches Pendel giebt, so kann doch die Theorie des einfachen Pendels auf das zusammengesetzte angewendet werden, wenn einmal der Mittelpunkt des Schwunges, und also auch die Läuge des Pendels

bestim-

bestimmet ist; denn es ist auch in dem zusammengesetzten Pendel ein Punkt, welcher eben so schwingt, als wenn die ganze Masse des Pendels im selben versammelt läge; weil bey einem zusammengesetzten Pendel das bey dem Aufhangspunkte Nähere geschwinder schwingen würde, wenn es nicht von dem Entferntern abgehalten würde; so wie das weiter davon Entfernte langsamer schwingen würde, wenn es nicht von dem Nähern beschleuniget würde; es muß also dazwischen einen Mittelpunkt geben, der seine natürliche Schwingung beybehält, wie das einfache Pendel. Um den Mittelpunkt des Schwunges in einem zusammengesetzten Pendel auch practisch (obwohl minder genau) zu finden, könnte folgende Methode dienen: Man nehme erstens einen recht feinen Seidenfaden, oder ein Roßhaar, derer Gewicht gar nicht beträchtlich ist, und hänge an selbe eine Bleykugel; diese Verrichtung kann man physisch als ein einfaches Pendel ansehen. Zweytens reguliere man das Zusammengesetzte, dessen Schwungpunkt man finden will, nach dem vorigen so, daß sie in einer bestimmten Zeit eine gleiche Anzahl Schwingungen miteinander machen. Die Länge des einfachen giebt auch die Länge und also auch den Schwungpunkt des zusammengesetzten.

§. 58.

Gesetze der Schwungbewegung in dem Pendel.

I. Gesetz. a) So lang das Pendel AB vom festen Aufhangspunkte aus in einer auf dem Horizont senkrechten Linie hängt, so bleibt

es

Taf. II. Fig. 8. es in Ruhe. — b) Hebt man aber das Pendel AB mit dem ausgestreckten Faden in die Höhe, daß also der Faden eine schiefe Richtung AC bekömmt; so muß das Pendel in einem Zirkelbogen in beschleunigter Bewegung bis zur senkrechten Richtung AB niedersteigen, und auf der andern Seite zur nemlichen Höhe bis E, und in der nemlichen Zeit in abnehmender Bewegung aufsteigen; bis ihre Zusätze der Geschwindigkeit erschöpft sind; wo es so dann wieder in gleicher Zeit gleich hoch auf der andern Seite bis C aufsteigt, auch diese Schwungbewegung beständig fortsetzen würde, wenn nicht das Reiben des Fadens an dem Aufhangsstifte, und der Widerstand der Luft selbe alle Augenblicke verminderte. — Dieß Gesetz beweiset ein jedes freyhangende Pendel, wenn es in Bewegung gesetzt wird. Der physische Grund von a) wird ganz leicht auch der Schwerkraft, und aus dem Zuge des Fadens gegen den Aufhangspunkt in gerade entgegengesetzter Richtung hergeholet. Der Grund von b) aber ist aus dem Begriffe von der krummlinichten Bewegung (§. 51.) und aus der Theorie von der beschleunigten Bewegung bey dem Falle der Körper (§§. 46. 47.) ganz leicht erklärbar. —

— Um die Bewegung, welche das Pendel durch die vorbenannten Hindernisse nach und nach verliert, zu ersetzen, pflegt man es an dem Steigrade einer Uhr anzubringen, wo die Wirkung der elastischen

Feder,

Feder, oder des Gewichtes, von welchem die Uhr getrieben wird, diese Hindernisse überwindet.

II. Gesetz. Das nemliche Pendel, oder zwey gleichlange Pendeln schwingen im nemlichen Orte, wo die Schwerkräfte gleichstark wirken, in gleichen Zeiten, das heißt, ihre Schwingungen sind gleichzeitig, isokron, wenn auch ihre absoluten Gewichte, und ihre Bögen ungleich sind.

1. Versuch. Das Pendel EC schwinge anfangs den Boden CD; dabey bemerke man die Zeit, in der es 60 Schwingungen macht; nachgehends lasse man es den Bogen ab schwingen, und beobachte eben die Zeit, in der es 60 Schwingungen macht; beyde Zeiten von den 60 Schwingungen auch in ungleichen Bögen werden nicht merklich unterschieden gefunden; folglich ist auch die Dauer einzelner Schwingungen eben des Pendels in ungleichen Bögen zwar nicht mathematisch, dennoch dem Auge nach gleich, und um desto weniger abweichend, je kleiner die Bögen sind, in welchen die Schwingungen geschehen. — Ist die Dauer der Schwingung eines Pendels von einer Secunde, so nennt man es ein Secundenpendel. Aus diesem Grunde bedient man sich der Pendeln um die kleinere Theile der Zeit zumessen, den Gang der Uhren gleichförmig zu machen, die Geschwindigkeit des Pulsschlages, und daraus die Gesundheitsumstände des Menschen zu beurtheilen.

Taf. II. Fig. 9.

2. Ver-

2. Versuch. Zwey Pendel von gleicher Länge, aber ungleichen absoluten Gewichten z. B. eine Bleykugel von $\frac{1}{2}$ tt., und die andere von $\frac{1}{4}$ tt. schwingen ganz gleichzeitig. Damit aber der Versuch auch in der freyen Luft vor sich gehe, so müssen selbe ihrem specifischen Gewichte oder gar nicht, oder doch nur sehr wenig unterschieden seyn, weil die vom verschiedenen specifischen Gewichte in der freyen Luft wegen dem Wiederstande mit verschiedener Geschwindigkeit fallen. — Im luftleeren Raume findet dieß allgemein statt aus dem nemlichen Grunde aus welchem alle Körper in diesem Raume gleich geschwind frey herabfallen (§. 46. II.)

III. Gesetz. Zwey Pendeln von ungleicher Länge schwingen in dem nemlichen Orte ungleichzeitig d. i. es bewegt sich das kürzere Pendel geschwinder, als das längere; weil das kürzere einen kleinern Raum als das längere zu durchlaufen hat; es muß daher die Dauer einer Schwingung, oder die Schwungzeit mit der Länge im Verhältnisse seyn, und zwar wegen der beschleunigten Bewegung, mit der Wurzel aus der Länge. Es findet also folgendes Verhältniß statt: Die Dauer, in der zwey ungleichlange Pendel eine Schwingung machen, verhält sich wie die Wurzeln aus ihren Längen; oder ihre Längen verhalten sich, wie die Quadraten der Schwungzeiten. Zum Beweise dient folgender Versuch. Man zähle die Schwingungen zweyer Pendeln, derer

Längen sich verhalten, wie 1 : 4. Man wird finden, daß das Pendel von einem Schuhe zwo Schwingungen mache, während das 4 Schuhe lange Pendel nur eine Schwingung macht; es dauert also eine Schwingung des 4mal längern Pendels noch einmal so lang, als jene des 4mal kürzern; nun aber ist 1 : 2, wie die Wurzeln aus den Längen $\sqrt{1} : \sqrt{4}$. der Pendeln.

IV. Gesetz. **Je weiter das Pendel von dem Mittelpunkte der Erde entfernet, desto weniger Schwingungen macht es in einerley Zeit.** — Denn besonders darüber angestellte Beobachtungen lehren einstimmig, daß ein Pendel auf hohen Bergen weniger Schwingungen mache, als am Fuße derselben; unter den Polen mehr, als unter dem Aequator; woraus abzunehmen, daß die Schwerkraft nicht an allen Orten gleich, sondern daß sie geringer auf hohen Bergen, als am Fuße derselben, und bey den Polen größer, als bey dem Aequator seyn; daß mithin die Schwere bey einer beträchtlichen Entfernung vom Mittelpunkte der Erde vermindert werde (§. 46. II. *). — Hieraus wird auch ganz leicht begreiflich, wie man untersuchen könne, ob die Schwere an einem Orte eben so groß, als an einem andern Orte; denn man darf nur um die Absicht zu erreichen die Schwingungen zählen, welche einerley Pendel von der nemlichen Länge an verschiedenen Orten in gleichen Zeiten machen, vorausgesetzt, daß man die Pendeln in gleicher Wärme erhält, damit sie weder länger, noch kürzer werden können. Bemerkt

man z. B. innerhalb 24 Stunden an einen Orte eben so viel Schwingungen des nemlichen Pendels, als an dem andern, so läßt sich hieraus schließen, daß die Kraft der Schwere an beyden Orten gleich groß seyn müsse. Ist aber die Anzahl der Schwingungen ungleich, so muß an dem jenigen Orte, wo das Pendel geschwinder geht, auch die Schwere größer; wo es langsamer, kleiner seyn.

V. Gesetz. Die Dauer des Falles auf der Sehne eines Zirkels, oder auf dem halben Schwungbogen ist der Dauer des senkrechten Falles durch den ganzen Diameter des nemlichen Zirkels gleich. Aus Versuchen bestättiget. — Es steht also die Dauer der halben Schwingung des Pendels mit der Dauer des lothrechten Falles durch den ganzen Diameter, oder zwo Pendellängen im Verhältnisse; so wie eine ganze Schwingung mit vier Durchmessern, oder acht Pendellängen im Verhältnisse ist. — Rechnet man daher den freyen Fall des Körpers in einer Secunde zu 16 Schuhe; so müßte das Pendel, welches in der nemlichen Zeit eine halbe Schwingung machen sollte, acht Schuhe lang seyn; um mithin in einer Secunde eine ganze Schwingung zu machen, so muß es noch einmal so kurz seyn d. i. eine Länge von vier Schuhen haben. — Die Länge eines Secunden Pendels betragt bey uns 3 Pariser Schuhe 8, und ½ Linie.

Anmerkung. Auf den bisher betrachteten Gang der Pendel wirken hauptsächlich die Abwechslungen

der

der Wärme, und Kälte; weil die Pendelstange durch die Wärme länger, durch die Kälte kürzer wird. Daher geht das Pendel im Sommer langsamer, als im Winter. Diesem Uebel abzuhelfen, haben viele Naturlehrer sich Mühe gegeben. Sie verbanden Ruthen von ungleichgearteter Materie z. B. Ruthen von Ebenholz, Nußbaumholz, weil diese nach der Länge der Fasern durch die Wärme nicht merklich ausgedehnt werden, mit Metallstängen, u. d. gl. m. ohne doch die Schwierigkeiten gänzlich gehoben zu haben. Das beste Mittel dagegen wäre nun wohl dieses, daß man alle Pendelbeobachtungen bey einerley Grade der Wärme anstellte, oder wo dieß nicht statt fände, wenigstens den Grad der Wärme, und die Beschaffenheit des Pendels genau anzeigte, um, wo möglich, die Verlängerung oder Verkürzung der Pendelstange zu berechnen.

§. 59.

Von der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß.

Wenn ein Körper durch Verbindung mit einem andern seinen Zustand oder seine Eigenschaften so ändert, daß von diesem Zustande, oder von diesen Eigenschaften so viel in den andern Körper oder wirklich hinübergeht, oder wenigst hinüberzugehen scheint, als viel der erste verlieret, so nennt man dieses Phänomen eine Mittheilung. So theilt z. B. das geriebene Glas, oder Harz den Thieren, den Metallen u. d. gl. die elektrische Materie, der wärmere Körper dem kältern seinen Wärmestoff, der bewegte Körper einem andern beweglichen, der ihm

in dem Wege steht, einen Theil seiner Bewegung mit. — Ob hierbey wirklich etwas aus einem in den andern übergehe, läßt sich nicht in allen Fällen entscheiden; bey den Mittheilungen der elektrischen, der Wärmematerie scheint es ungezweifelt; bey der Mittheilung der Bewegung aber kann man nicht sagen, daß aus dem bewegten Körper irgend etwas wirkliches in den andern übergehe. Die Bewegung selbst ist doch bloß ein Zustand der Körper, und daß sie von einen in den andern übergehe, läßt sich nur im figürlichen Verstande sagen. Wir behalten also diesen Ausdruck, **Mittheilung**, nur um das Phänomen, wo ein Körper den andern in Bewegung setzt, anzuzeigen. — Wenn der Körper A seine Bewegung nicht fortsetzen kann, ohne den Körper B, der ihm im Wege liegt, vor sich aus der Stelle zu treiben, so sagt man, der Körper A stosse auf den Körper B. Wir verstehen also unter dem Worte Stoß das Anlaufen eines Körpers an einen andern, der ihm in der Bewegung im Wege liegt. Wird dadurch der Zustand beyder in Absicht auf Ruhe, und Bewegung geändert so, daß gleichsam ein Theil der Bewegung aus dem Körper A in den Körper B hinübergegangen zu seyn scheint, so nennt man diesen scheinbaren Uebergang **Mittheilung der Bewegung durch den Stoß**. Geht die Linie, nach der sich der Schwerpunkt des stossenden Körpers bewegt, auch durch den Schwerpunkt des gestossenen, so heißt der Stoß **central**; sonst **excentrisch**. Da es bey dem Aufstossen nicht auf die Schwere, sondern auf die

träge

träge Masse der Körper ankömmt, so wird der benannte Schwerpunkt schicklicher Mittelpunkt der Masse, oder der Trägheit genennt. — — Um unsere Untersuchung über den Stoß so deutlich zu machen, als möglich, so wollen wir zwo Bedingungen voraussetzen: **Erstens**, daß die gerade aufeinanderstossenden Körper entweder **vollkommen elastisch**, oder **gar nicht elastisch**, und daher vollkommen hart, oder weich sind. **Zweytens**, daß der gerade Stoß in einem Mitteldinge geschehe, wo kein Widerstand, und keine Reibung statt findet. Freylich giebt es dergleichen in der Natur nicht; daher können auch die Gesetze nur unvollkommen durch Versuche bestättiget werden. Doch können wir uns hier bey der allgemeinen Betrachtung der Körper Elasticität, und Härte als abgesonderte Eigenschaften vorstellen, um die Stoßgesetze genauer zu bestimmen. Wir theilen daher die Gesetze des Stosses in jene von ganz unelastischen, und in jene von **vollkommen** elastischen Körpern ein.

§. 60.

Der Stoß elastischer sowohl, als unelastischer Körper findet auf eine dreyfache Art statt:

Erstens, wenn ein bewegter Körper auf einen ruhenden auftrift, und ihn in Bewegung setzt.

Zweytens, wenn ein bewegter auf einen andern auftrift, der nach der nemlichen

Rich-

Richtung schon voraus aber langsamer bewegt wird.

Drittens, wenn zween Körper nach entgegengesetzten Richtungen aufeinander stossen.

Da die Gesetze des Stoßes aus der Wirkung des Stoßes bestimmet werden müssen; die Wirkung des Stoßes aber ganz von der Gewalt, oder Größe der Bewegung = MC (§. 40. 4.) abhänge; so muß bey der Bestimmung der Stoßgesetze die Masse, und die Geschwindigkeit der aufeinanderstossenden Körper wohl in Erwegungen gezogen werden.

§. 61.

Gesetze des geraden Stoses unelastischer, harter Körper.

Um die Gesetze des Stoßes vollkommen harter, und unelastischer Körper durch Versuche, so viel möglich, zu bestimmen, wählt man gemeiniglich harte Thonkugeln, die an der Luft getrocknet sind, und daher eine hinlängliche Härte, aber sehr geringe Elasticität haben.

I. Gesetz. Wenn ein unelastischer Körper A auf einen andern unelastischen, ruhenden B gerade aufstoßt, so verliert A eben so viel von seiner Bewegung, als B gewinnt; denn Wirkung und Gegenwirkung sind gleich; mithin ist die Größe der gemeinschaftlichen Bewegung nach dem Stoße in A, und B zusammengenommen allemal jener vor dem Stoße gleich; wenn wir also die Größe der Bewegung vor dem Stoße in A durch

MC,

MC, und jene nach dem Stoße in beyden durch MX + mx ausdrücken; so wird MX + mx = MC seyn.

Versuch. Es bewegt sich eine Thonkugel A gegen eine andere ruhende von gleicher Masse = 2 mit einer Geschwindigkeit = 6; es wird also die Größe der Bewegung in A vor dem Stoße = 2 x 6 = 12 seyn. Nun ist sie aber auch nach dem Stoße in A, und B zusammen = 12; denn beyde werden gemeinschaftlich mit einer Geschwindigkeit = 3 fortbewegt, mithin 2 x 3 + 2 x 3 = 12; nur mit dem Unterschiede, daß nach dem Stoße die Bewegung beyden gemeinschaftlich ist, die vorhin nur in dem Aufstossenden allein war.

1. Folgesätze. Da also die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stoße MX + mx jener vor dem Stoße MC gleich ist, so findet man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit X, wenn man MC durch die Summe der beyden Massen dividiert, d. i.

$$X = \frac{MC}{M + m}.$$

2. Sind beyde Massen gleich, so wird die Ge- Geschwindigkeit unter beyde gleich ausgetheilt, und in jedem die Hälfte von A seyn (vorig. Versuch.)

3. Sind die Massen ungleich, so wird sie nach dem Verhaltniß der Massen unter beyde vertheilet. Diesen Folgesatz bestättigen auch die Versuche,

so

so wohl wenn die Masse der aufstossenden Thonkugel A nochmal so groß, als jene der gestossenen B ist, als auch umgekehrt, wenn B nochmal so groß, als A ist.

II. Gesetz. Wenn ein unelastischer Körper A auf einen andern unelastischen B, der langsamer nach der nemlichen Richtung voraus in Bewegung ist, aufstoßt; so wird die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stoße wieder jener vor dem Stoße gleich seyn; mithin $MC + mc = MX + mx$.

Versuch. Wenn die Thonkugel B, deren Masse = 2 mit einer Geschwindigkeit = 3 vorgeht, und A, deren Masse auch = 2 mit einer Geschwindigkeit = 6 nachfolgt, so wird die Größe der Bewegung vor dem Stoße $2 \times 3 + 2 \times 6 = 18$ seyn. Nun aber ist die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stoße in dem Versuche eben die nemliche, indem ein jeder mit einer Geschwindigkeit = $4\frac{1}{2}$ fortbewegt wird — mithin ist die Größe der Bewegung nach dem Stoße $2 \times 4\frac{1}{2} + 2 \times 4\frac{1}{2} = 18$ d. i. die nemliche, wie jene vor dem Stoße.

1. Folgesätze. Will man also die gemeinschaftliche Geschwindigkeit X nach dem Stoße finden; so darf man nur die Größen der Bewegungen vor dem Stoße $MC + mc$ durch die Summe der Massen dividieren d. i. $X = \frac{MC + mc}{M + m}$.

2. Sind

2. Sind die Massen gleich; so werden beyde nach dem Stoße mit gleich großer Geschwindigkeit fortbewegt (vorig. Versuch.)

3. Sind die Massen ungleich, so wird die Geschwindigkeit nach dem Verhältniß der Massen unter beyde vertheilet; wie die Versuche mit Thonkugeln von ungleicher Masse beweisen.

III. Gesetz. Wenn zween unelastische Körper nach entgegengesetzten Richtungen aufeinander stossen, und a) die Größen ihrer Bewegungen gleich sind, oder MC = mc; so heben sie sich ganz einander auf. (§. 49. III.) b) Sind sie aber ungleich, so erfolgt aus dem Ueberreste der Kräfte eine gemeinschaftliche Bewegung beyder Körper nach der Richtung des stärkern. (§. cit.) Es werden also in dem letztern Falle die aufeinander stossenden Körper durch den Ueberrest der Kräfte MC = mc allein bewegt, weil sich gleiches, und gleiches einander aufhebt. — Dieß Gesetz beweisen einstimmig die Versuche mit den Thonkugeln, die mit gleicher, und ungleicher Größe der Bewegung aufeinanderstossen.

Folgesatz. Will man also die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der nach dem Stoße bewegten unelastischen Körper wissen; so darf nur der Ueberrest von den Größen der Bewegungen durch beyde Massen dividiert werden d. i. $X = \frac{MC - mc}{M + m}$.

Anmer-

Anmerkung. Die Gesetze des Stoßes weicher Körper stimmen mit den vorigen ganz übereins, nur daß die Veränderung der Bewegung in beyden nicht so schnell vor sich geht, und daß sich diese platt drücken.

§. 62.

Von dem geraden Stoße vollkommen elastischer Körper.

Die vollkommen elastischen Körper kommen mit den weichen darinn übereins, daß sie sich bey dem Aufstossen einander zusammendrücken; unterscheiden sich aber dadurch, daß die weichen ihre zusammengedrückte Gestalt behalten, die vollkommen elastischen aber ihre vorige Gestalt mit einer zurückwirkenden Kraft, die der zusammendrückenden gleich ist, (§. 34.) wiederherzustellen suchen, und dadurch eine neue, und gleiche Aenderung in der Bewegung beyder hervorbringen. — Wir müssen also bey dem Zusammenstossen elastischer Körper zween Zeitpunkte wohl unterscheiden: der erste ist, während sie sich zusammendrücken; dadurch verliert der Stossende nach Verhältniß der Massen einen Theil seiner Geschwindigkeit, welchen der gestossene gewinnt; wie bey dem Stoße der harten, und weichen Körper. (§. vorig.) Der Zweyte ist die Wiederherstelstellung der zusammengedrückten Figur; denn im zweyten Moment suchen die elastischen Körper mit der nemlichen Kraft, mit der sie zusammengedrückt worden, wieder ihre vorige Gestalt zu erhalten, und wirken sodann nocheinmal so stark aufeinander, wodurch dann der Ausstossende nocheinmal so viel verliert,

liert, der Gestossene aber ebendarum nocheinmal so viel gewinnt, als wenn sie hart, oder weich gewesen wären. — — Es sind also die Stoßgesetze der elastischen Körper die nemlichen mit jenen der nicht elastischen, nur mit dem Unterschiede, daß bey dem Stoße der unelastischen **Verlurst**, und **Gewinnst** nur einfach, bey den elastischen aber **Verlurst**, und **Gewinnst doppelt** sind.

Man findet daher die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße elastischer Körper ganz leicht, wenn wir **erstens** den einfachen Gewinnst, und Verlurst suchen, als wenn die stossenden Körper nicht elastisch wären; dann **zweytens** beyde verdoppeln, und den doppelten Gewinnst des Einen zu seiner vorigen Geschwindigkeit addieren; den doppelten Verlurst des Andern aber von seiner vorigen Geschwindigkeit abziehen. — — Um die Gesetze des Stosses der vollkommen elastischen Körper durch Versuche zu bestimmen, nimmt man Kugeln von Elfenbein, die zwar keine vollkommene, aber doch einen besondern Grad der Elasticität äußern. Die Erfolge der Versuche können damit der Theorie zwar nahe, aber nicht ganz gleich kommen.

§. 63.

I. Gesetz. **Wenn ein elastischer Körper A auf B aufstoßt, B vor dem Stoße ruht, und 1. die Massen gleich sind, so bekommt B die ganze Geschwindigkeit des A; A aber ruht nach dem Stoße.**

Gesetze des geraden Stoßes der vollkomen elastischen Körper.

Stoße. 2. Ist die Masse von B kleiner, als die von A, so bekommt B eine größere Geschwindigkeit, als A vorm Stoße hatte, A aber wird dem B nach seiner vorigen Richtung doch mit minderer Geschwindigkeit folgen. 3. Ist aber die Masse des A kleiner, als die des B, so bekömmt B eine kleinere Geschwindigkeit, als A vorm Stoße hatte; A aber wird doch wieder mit verminderter Geschwindigkeit zurückspringen.

II. Gesetz. **Wenn beyde vorm Stoße nach einer Richtung A geschwinder, B langsamer bewegt werden,** und 1. die Massen gleich sind, so setzen sie ihre Bewegung mit verwechselten Geschwindigkeiten nach der nemlichen Richtung fort. 2. Sind die Massen ungleich, verwechseln sie dieselbe nach dem Verhältnisse der Massen, und Geschwindigkeiten.

III. Gesetz. **Wenn A, und B gegen einander bewegt werden;** und 1. die Massen gleich sind, so springen sie nach dem Stoße mit verwechselten Geschwindigkeiten voneinander. 2. Sind diese ungleich, so verwechseln sie dieselben wieder nach dem Verhältnisse der Masse, und der Geschwindigkeit.

* Die 3 vorgehenden Stoßgesetze holen ihre Beweisgründe ganz richtig aus der Natur des Stoßes elastischer Körper, die wir im vorigen §. erkläret haben, und werden auch durch **Versuche** mit elfenbeinern Kugeln von gleicher, und ungleicher Masse

ganz

ganz anschaulich gemacht. — — Aus dem I. Gesetze läßt sich auch noch die Erklärung der Versuche bey der Stoßmaschine herleiten, in welcher eine Reihe elastischer Kugeln von gleicher Beschaffenheit, die sich an ihren Mittelpunkten in gerader Linie liegen, und einander berühren, an gleichlangen Schnüren hanget. — Hebt man die erste davon auf, und läßt selbe auf die ganze Reihe der übrigen gerade auffallen, so muß die letzte mit eben der Geschwindigkeit auf der andern Seite hinausspringen, mit welcher die erste angestossen; die erste aber samt den Mittern muß ruhen. In diesem Falle kann jede als gleichgestossene, und wiederstossende angesehen werden, daher jede ihre erhaltene Geschwindigkeit durch das Aufstossen auf die Nächste wieder verliert, und weil die letzte allein gestossene, aber nicht stossende ist, so bleibt der letzten allein ihre erhaltene Geschwindigkeit übrig. — Stossen hingegen zwo, drey, oder vier auf die übrigen, so müssen aus eben dem Grunde auf der entgegengesetzten Seite wieder eben so viel aufsteigen. Versuch.

§. 64.

I. Gesetz. Stoßt ein unelastischer harter Körper gerade auf eine harte Fläche auf, so wird er nach dem Aufstossen ruhen; denn seine ganze Bewegung wird durch die Gegenwirkung der harten Fläche aufgehoben. Gesetze des Stoßes auf einen unbeweglichen Körper. a) Unelastischer.

II. Ge-

II. Gesetz. Stoßt der nemliche Körper schief auf eine harte Fläche auf, so setzt selber nach dem Aufstossen seine Bewegung auf der Fläche fort. Denn dieser schiefe Stoß kann als eine Diagonalbewegung, oder als das Resultat zwoer unter einem Winkel zusammenwirkender Kräften angesehen werden, deren eine auf die Fläche senkrecht, die andere mit der Fläche parallel wirkt; da nun der aufstossende Körper die Fläche nur mit der senkrechten Kraft berühret, und daher durch die Gegenwirkung der Fläche nur seine ganze senkrechte Kraft verliert; so bleibt selben die Parallelkraft noch übrig, um seine Bewegung nach dieser Richtung fortzusetzen.

Versuche. * Beyde Gesetze werden bewiesen durch das gerade, und schiefe Aufstossen einer harten Thonkugel auf eine steinerne Fläche.

b) Vollkommen elastischer.

I. Gesetz. Fällt ein vollkommen elastischer Körper senkrecht auf eine elastische, oder vollkommen harte, und unbewegliche Fläche, so springt selber in der entgegengesetzten Richtung zur nämlichen Höhe wieder senkrecht zurück. Diese Bewegung heißt man zurückgeworfene, zurückgebrallte, reflectierte Bewegung, und hat ihren Grund in dem vollkommenen Grade der Elasticität (§. 34.), bey welchen die Zurückstellungskraft so groß, als die Kraft des Zusammendrückens im Aufstossen; da also dem aufstossenden die Bewegung durch die entgegenwirkende

drücken=

drückende Kraft genommen, so wird selbem durch die eben so große und entgegengesetzte Zurückstellungskraft die nemliche Bewegung nach der entgegengesetzten Richtung wieder gegeben; daher der Körper in abnehmender Bewegung wieder zur nemlichen Höhe zurückkehrt, von welcher selber herabgefallen.

II. Gesetz. Fällt ein vollkommen elastischer Körper frey, oder mittels eines Wurfes auf eine elastische, oder vollkommen harte, und unbewegliche Fläche schief auf; so wird selber unter dem nemlichen Winkel, in dem er aufgefallen, auf der andern Seite wieder abbrällen, und so der Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich seyn. Denn in diesem Falle wird dem Aufstossenden, wie bey unelastischen, nur die senkrechte Kraft genommen; weil dieser aber vollkommen elastisch; so erhält er sie im nemlichen Grade wieder zurück; die demnach mit der vorigen parallel Kraft unterm nemlichen Winkel verbunden den aufstossenden Körper gegen der andern Seite nach einer Diagonal forttreibt, die mit der Fläche den nemlichen Winkel macht.

* Diese zwey Gesetze werden mit Versuchen beym Aufstossen elfenbeinerner Kugel auf marmorne Platten bestättiget; die Versuche selbst werden aber aus Mangel einer vollkommenen Elasticität nie genau mit denselben übereinstimmen. — Hieraus wird auch das Scheibenschießen erklärbar; da man nemlich an dem Gestade z. B. eines Weihers die Scheibe Versuche.

fest-

festzusetzen pflegt, am Gestade aber gerade gegenüber auf die Oberfläche des Wassers gegen dem im Wasser abgemalnen Bilde der Scheibe hinzielt, wobey die Kugel auf der Oberfläche des Wassers abprällt, und unter einem zwar kleinern Winkel auf die Scheibe hingeworfen wird.

§. 65.

Von den Hindernissen der Bewegung.

Nachdem wir bisher die Gesetze der gerad- und krummlinichten Bewegung so wohl auf freyen, als auf vorgeschriebenen Wegen, wie auch die Gesetze der mitgetheilten Bewegung durch den Stoß erkläret haben, bleiben uns noch die Hindernisse der Bewegung zur Untersuchung übrig, wegen welchen kein Bewegungsgesetz aus Versuchen genau bestätiget werden kann, wie wir vorhin öfters anbemerkt haben.

§. 66.

Aus dem ersten allgemeinen Gesetze der Bewegung (§. 39. I.) wissen wir, daß vermöge desselben ein bewegter Körper, wenn er kein Hinderniß vor sich fände, fortfahren würde, sich in eben derselben Richtung, und mit der nemlichen Geschwindigkeit, die er am Anfange seiner Bewegung erhielt, in Ewigkeit zu bewegen. — — Allein Erfahrung lehrt uns beständig, daß ein bewegter Körper nach und nach seine Geschwindigkeit ganz verliere, daß er in kurzer Zeit wieder in diejenige Ruhe gerathe,

aus

aus welcher er in Bewegung versetzt wurde, und daß er manchmal augenblicklich seine Richtung abändere. — — Welche sind dann also die Ursachen, wodurch die Geschwindigkeit gehemmet, nach und nach ganz aufgehoben, und dadurch die Richtung abgeändert wird? — — Jeder Körper, er sey, wo er wolle, bewegt sich in der Mitte einer flüßigen Materie z. B. in der Luft, in dem Wasser u. d. gl. die man Mitteldinge zu nennen pflegt, welche seiner Bewegung Widerstand leisten; will er seine Bewegung fortsetzen, so muß er diesen Widerstand überwinden d. i. er muß die Theile des Mitteldinges, in dem er sich bewegt, in Bewegung setzen, und sie voneinander trennen, oder ihre Trägheit, und ihren Zusammenhang überwinden; dazu muß er unaufhörlich einen Theil seiner bewegenden Kraft verwenden, es bleibt ihm also immerzu weniger Kraft zur Fortsetzung seiner Bewegung übrig, bis sie endlich durch den stetten Widerstand des Mitteldinges ganz aufgehoben wird. Auf diese Art wird nun die Kraft jedem Augenblicke vermindert, weil er in jedem Augenblicke dieses Hinderniß zu überwinden hat, mithin muß auch seine Geschwindigkeit in eben dem Mase abnehmen, und endlich ganz verschwinden.

Erstes Hinderniß im Mitteldinge.

Außer dem Widerstande, der vom Mitteldinge herrührt, erfährt der Körper noch ein beträchtliches Hinderniß in seiner Bewegung, wenn er sich über die Oberfläche eines andern hinüberbewegt, wobey sich die erhabenen Theile des einen in die Vertiefun-

Zweytes Hinderniß.

gen des andern hineinlegen, aus welchen sie, wenn eine Bewegung geschehen soll, herausgehoben, gebogen, oder gar abgebrochen werden müssen; hierzu muß ein Theil der zur Bewegung bestimmten Kraft verwendet werden, welcher sodann für die Bewegung verlohren geht; und da dieß Herausheben, Biegen, oder Abbrechen der Theile, so wir Reiben nennen, so lange fortdauert, als lange sich ein Körper über den andern bewegt; so wird wegen diesem andauerenden Hindernisse der Bewegung der Verlurst der zur Bewegung bestimmten Kraft jedem Augenblicke größer, bis sie sich endlich nach und nach ganz verlieret, und auf diese Art der bewegte Körper in die Ruhe versetzt wird. — — Wenn wir nun diese beyden beträchtlichen Hindernisse nemlich den **Widerstand** des **Mitteldinges**, und der **Reibung** näher betrachten; so werden wir uns nicht mehr wundern, warum die bewegten Körper immerzu Verlurst an der Geschwindigkeit, und Abänderung an ihrer einmal erhaltenen Richtung leiden.

§. 67.

Von dem Hindernisse der Bewegung im Mitteldinge.

Die Größe des Widerstandes, den der bewegte Körper in einem ruhigen Mitteldinge erfährt, hängt hauptsächlich a) von dem Zusammenhange, und der Dichtigkeit des Mitteldinges ab; b) von der Größe, und vorzüglich von der Gestalt des gegen dem Mitteldinge bewegten Körpers, wenn auch Massen, und Geschwindigkeiten gleich sind; und endlich

lich auch c) von der Geschwindigkeit des im Mitteldinge bewegten Körpers.

Je stärker der Zusammenhang zwischen den Theilen des Mitteldinges, und je dichter dessen Theile aneinander liegen; desto mehr wird der darinn bewegte Körper von dessen Zusammenhange, und Trägheit Widerstand leiden, auf diese Art desto mehr von seiner Geschwindigkeit verlieren, und so desto eher von der Bewegung in die Ruhe versetzet werden, wie folgende Versuche deutlich beweisen.

a) Vom Zusamenhange, und der Dichtigkeit des Mitteldinges.

1. Versuch. Ich füllte drey gleichhohe senkrecht stehende Glasröhren, die eine mit einer gesättigten Salzauflösung, die andere mit Wasser, die dritte mit Weingeiste, und ließ hierauf zu gleicher Zeit vier elfenbeinere Kugeln in diesen Röhren von gleicher Höhe herabfallen; die eine bewegte sich blos in der Luft, die andern aber in den Flüßigkeiten, mit welchen die Röhren angefüllt waren; man fand, daß die in der Luft herabfallende Kugel schneller fiel, als die im Weingeiste; diese wieder schneller, als die im Wasser; und diese wieder schneller, als die in der Salzauflösung; wodurch also erwiesen wird, daß bey sonst gleichen Umständen bewegte Körper durch den Widerstand der Mitteldinge desto mehr von ihrer Bewegung verlieren, je dichter die Mittel sind.

Versuche.

2. Versuch. Lasse man zwey gleich lange, und gleich schwere Pendeln in verschiedenen flüßi-

gen Materien z. B. Luft, Weingeist, Wasser, und Salzauflösung mit gleichem Grade der Bewegung schwingen; das in der Luft wird am längsten, nachhin das im Weingeiste, dann das im Wasser, und endlich das in Salzauflösung am kürzesten schwingen. — — Es hängt also die Größe des Widerstandes, oder Verlurstes der Bewegung im Mittel von der Dichtigkeit desselben ab.

b) Von der Größe und der Gestalt der Oberfläche des im Mitteldinge bewegten Körpers.

Je mehrere und je größere Oberflächen der Körper hat, um so mehrere Theile des Mitteldinges, wenn Massen, und Geschwindigkeiten gleich sind, widerstehen seiner Bewegung durch ihre Trägheit, und ihrem Zusammenhange, und um desto eher muß seine Geschwindigkeit gehemmet werden; hiemit stimmet auch Erfahrung übereins.

Versuche.

1. Versuch. Man lasse eine Bleykugel, und eine gleich schwere dünne Bleyplatte beyde an Schnüren aufgehangen im Wasser schwingen, doch so, daß die Platte ihre breite Fläche dem Wasser entgegensetzt; die Kugel wird länger schwingen, als die Platte.

2. Wenn aber die Platte nach ihrer Schneide schwingt, oder fällt, dann wird sie länger schwingen, als die Kugel.

2. Versuch, mit 2 Wind = Mühlen Rädern, die mit Flügeln versehen sind, welche man in verschiedene Lage setzen kann; diese Räder bewegen sich in der freyen Luft viel geschwinder, und leichter, wenn ihre

Flügel

Flügel nach der Richtuug ihrer Schneide beweget werden, als nach ihren Flächen: in einer möglichst verdünnten Luft aber setzen beyde Flügel ihre zugleich angefangene Bewegung gleich lange Zeit fort.

Tägliche Erfahrungen bestättigen im gemeinen Leben das nemliche. 1. Der Schiffer laßt seinen Ruder ins Wasser mit der breiten Fläche fallen, um im Wasser einen größern Widerstand zu erhalten, in diesem Widerstande eine Ruhe hiemit zu suchen, und so mittels seiner Ruderstange sein Schiff zu bewegen, weil sich das Wasser der Fläche mehr widersetzt, als der Schneide; hingegen hebt er es mit der Schneide wieder auf, weil er auf diese Art wegen dem kleinern Widerstande weniger Kraft anwenden darf. — 2. Aus dem nemlichen Grunde verlieret der Körper von seiner Bewegung im Mitteldinge viel weniger, wenn er ganz, als wenn er zertheilt ist; denn die Zertheilung vervielfältiget die Oberflächen, und folglich auch den Widerstand des Mittels.

c) Von der Geschwindigkeit des im Mitteldinge bewegten Körpers.

Endlich muß auch die Geschwindigkeit, mit der sich ein Körper im Mitteldinge bewegt, bey diesen Umständen in die Rechnung kommen; denn ein Körper, der geschwinder im Mittel bewegt wird, muß in der nemlichen Zeit mehrere flüßige Theile in Bewegung setzen, und trennen, als der langsamere, mithin muß auch mehr von seiner Bewegung aufgehoben werden.

* Aus dem nun angeführten Hindernisse der Bewegung im Mitteldinge lernen wir den Grund einsehen, wie 1. Menschen, oder Thiere mittels eines Fallschirmes von einer sehr ansehnlichen Höhe sich ohne Gefahre frey herablassen können; oder wie die Luftschiffer mittels der Luftballone sich so hohe schwingen können. 2. Warum Vögel, die einen schnellern Flug haben, als andere, nicht so viel Fett, und Fleisch, aber mehr Federn haben, als diese. 3. Warum der Fisch mit dem Schwanze, der Mensch mit Armen, und Füssen, die Schwimmvögel blos mit den Füssen das Wasser schlagen; weil sie nemlich in dem Widerstande des Wassers sich eine Stütze suchen, um mehr Kraft zu bekommen, weiter vorzurücken, und die Theile des Mitteldinges zu trennen.

§. 68.

Uebergang des bewegten Körpers von einem Mitteldinge in ein anders.

Geht ein bewegter Körper aus einem Mitteldinge in ein anders senkrecht hinüber, so wird zwar dessen Richtung nicht abgeändert, aber seine Geschwindigkeit vermehrt, oder vermindert, je nachdem er von einem dünnern in ein dichteres, oder von diesem in jenes hinübergegangen. Geht selber hingegen aus einem Mitteldinge in ein anders nach einer schiefen Richtung, so wird selber beym Uebergange auf der Oberfläche des andern Mittels in etwas von seiner Richtung abweichen, oder wie man sagt, so wird seine Bewegung gebrochen, und zwar nach folgenden Regeln.

A. Geht

A. Geht ein bewegter Körper von einem dünnern in ein dichteres hinüber z. B. von Luft in Wasser, so wird er auf der Wasserfläche eine neue Richtung anfangen, die mit derselben einen spitzigern Winkel macht, als dessen ursprüngliche Richtung gemacht haben würde, d. i. seine Bewegung wird vom **Perpendikul** gebrochen.

Gebrochene Bewegung in verschiedenen Mitteldingen.

B. Geht er aber von einem dichtern in ein dünners z. B. vom Wasser in Luft; so wird er auf der Wasserfläche eine neue Richtung anfangen, die mit derselben einen größern Winkel macht, als dessen ursprüngliche Richtung gemacht haben würde, d. i. seine Bewegung wird zum **Perpendikul** gebrochen. — In beyden Fällen kann die schiefe Richtung in zwo Kräften aufgelößt werden, in die horizontal= und perpendikular=Kraft; es stößt aber der Körper nur mit der perpendicularen Kraft auf die Oberfläche des andern Mittels; kömmt er nun von einem dünnern in ein dichteres; so wird die Perpendicularkraft durch den stärkern Widerstand auf der Oberfläche des dichtern etwas gehemmet, während die Horizontalkraft die nemliche bleibt; es muß daher der Körper auf der Oberfläche des dichtern von der perpendicularen Richtung etwas abweichen, oder von dem Perpendicul gebrochen werden. Da hingegen die perpendiculare Kraft bey dem Uebergange in ein dünners Mittel weniger Widerstand leidet, so kann diese mehr wirken, mithin dessen Bewegung auf der Oberfläche des dünnern mehr zum Perpendicul gebrochen werden. — Hieraus

läßt

läßt sich ein Theilgrund herleiten, warum man bey dem Schießen auf Fische im Wasser unter selbe zielen müsse.

§. 69.

Vom Hindernisse der Bewegung bey der Reibung.

Betrachtet man die Oberflächen der Körper, so finden wir gar keine, die vollkommen glatt wäre, oder auf der nicht wenigst sehr kleine Erhöhungen, und Vertiefungen vorhanden sind; der feinste polierte Stahl, der reinste geschliffene Spiegel haben noch häufige Erhabenheiten, an denen die Fliege hinaufklettert, und die unterm Vergrößerungsglase sich unserm Auge nicht verbergen können. Denn alle Körper haben Zwischenräume, mithin auch kleine Vertiefungen, wodurch die ganze Oberfläche ungleich werden muß. Wenn daher die Oberfläche des einen auf der Oberfläche des andern liegt, so werden die erhabenen Theile der einen in die Vertiefungen der andern Oberfläche wechselseitig eingreifen. Soll demnach der eine über den andern Körper beweget werden, so müssen sich ihre rauhen Oberflächen einander reiben, (§. 66.) und dadurch der Bewegung ein Hinderniß, oder Widerstand in Wege legen. — Es findet daher dieß Hinderniß der Bewegung, oder das Reiben in allen Körpern, die sich übereinander bewegen, ohne Ausnahme statt, in einem mehr, im andern minder. Um diese Grade, oder Größe der Reibung bestimmen, und dafür allgemeine Regeln, und Gesetze angeben zu können, haben sich viele Naturlehrer Mühe gegeben; allein die Resul-

tate

tate ihrer Erfahrungen haben bewiesen, daß eine gründliche, und regelmäßige Theorie von dem Widerstande der Reibung zu geben, keine so leichte Arbeit sey, als sie anfangs glaubten; indem die Größe der Reibung ganz von der **Menge** der **Erhabenheiten**, und **Vertiefungen**, von der **Härte**, und **Weiche** der sich reibenden Oberflächen, von dem **Zusammenhange**, und der **Elasticität** der hervorragenden Theile abhängt; es müßte also zuvor das **Mehr**, oder **Weniger** dieser **Erhabenheiten**, und **Vertiefungen** ꝛc. genau bestimmet werden, um die Größe der Reibung angeben zu können. Nun aber ist das Mehr, oder Weniger dieser Erhabenheiten, der Härte, Weiche, der Elasticität, und des Zusammenhanges unendlich veränderlich, sowohl in Ansehung der **Bauart**, und **Figur** der ersten Grundtheile, als auch in Ansehung des **Grades** der **Politur** (der nie bestimmet werden kann) der **Tröckne**, und **Feuchtigkeit** des Klima; einer **wärmern** oder **kältern** Witterung, und vieler anderer zufälliger Ursachen, die in den Oberflächen der Körper eine Aenderung hervorbringen, und dadurch die Grade des Reibens sehr verschieden machen. — Es bleiben daher allgemeine, und richtige Regeln den Widerstand der Reibung zu messen noch immer sehnliche Wünsche des Naturlehrers. — Unterdessen sind die bisher darüber angestellten Versuche doch nicht ganz fruchtlos, indem man aus selben einige Resultate mit Grunde folgern kann, die in der Anwendung

viele

viele Vortheile verschaffen. Diese Resultate will ich der Ordnung nach mit Versuchen bestättigen.

Grade des Reibungs-Wider-standes.

A. Je größer das Aufeinanderdrucken der sich reibenden Flächen ist, wenn alle übrige Umstände gleich sind, desto größer ist auch der Widerstand der Reibung; weil theils mehrere Erhöhungen in die Vertiefungen der andern Oberflächen einpassen, theils die erhabenen Theile selbst bey größerm Drucke sich tiefer hineinlegen.

Versuch. Bestimmt man die Kraft, welche erfodert wird, den Reibungswiderstand bey verschieden verstärktem Drucke der nemlichen sich reibenden Flächen zu überwinden (diese Kraft bestimmt die Größe des Reibungswiderstandes); so findet das obige Resultat statt.

B. Je rauher bey sonst gleichen Umständen die Oberflächen der sich reibenden Körper sind, desto größer ist auch der Widerstand der Reibung; weil bey diesen die Anzahl der ineinander einliegenden Erhöhungen größer ist, als bey minder rauhen.

Versuch. Man bestimme die Kraft, welche erfodert wird um ein viereckichtes Stück Holz auf einem horizontalliegenden Brette in einer horizontalen Richtung zuschieben; und zwar erstens, da ihre beyden Flächen noch rauh, und zweytens, da selbe an der Hobelmaschine geglättet sind. Man

wird

wird im ersten Falle die Reibung viel größer finden, als im zweyten.

C. Je größer die sich reibenden Flächen, bey sonst gleichen Umständen, sind, desto größern Widerstand setzt auch die Reibung im Wege; wegen der größern Anzahle der aufeinanderpassenden Erhöhungen, und Vertiefungen.

Versuch. Man lasse das nemliche Stück Holz erstens an ihrer kleinen, und dann auch an ihrer breiten Fläche mittels einer Kraft über eine horizontale glatte Holzfläche hinschieben; so werden wir den Widerstand der Reibung im ersten Falle kleiner als im zweyten finden.

D. Bey einem größern Grade der Geschwindigkeit an den übereinander bewegten Körpern ist auch der Widerstand der Reibung beträchtlich größer; weil je mehr Geschwindigkeit der über einen andern bewegte Körper hat, desto mehrere Erhabenheiten in gleicher Zeit herausgehoben, oder abgebrochen werden müssen, da der Körper in eben der Zeit einen größern Raum durchlauft.

Folgesatz. Man kann also überhaupts sagen, daß die Grade des Reibungswiderstandes größern Theils vom Drucke, von der Rauhigkeit, und Größe der Oberflächen, wie auch von der Geschwindigkeit der übereinander bewegten Körper abhänge. — Die absolute Größe des Reibungswiderstandes läßt sich aber nie genau bestimmen —

Nach

Nach Meynung der größten Physiker dürfte man diesen Grad des Widerstandes bey dem Gebrauche der Maschinen im Durchschnitte beyläufig auf den dritten Theil der über die Maschine bewegten Last rechnen.

§. 70.

Die genauesten Versuche über das Reiben, besonders der Metalle, sind unstreitig die vom **Muschenbroek** (Introduct. ad philos. natur. Tom. I. cap. 9.) die er mittels einer **Frictionsmaschine**, oder **Tribometer** angestellet hatte. Es besteht aus
Taf. III. Fig. 1. einer 4 Zoll dicken hölzernen Welle AB mit einer durchgesteckten stählernen Axe DD, die bey D, und D $\frac{1}{4}$ Zoll, bey C, und C $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hat, und mit der Welle 3 Pfund wiegt. Man kann das ganze auf ein Gestell bringen, wobey die Zapfen CC und DD in Lager von verschiedenen Materien z. B. Stahl, Kupfer, Zinn, Guajakholz u. s. w. eingelegt werden können, welche Lager, so wie die Zapfen selbst sehr wohl poliert sind. Um die Welle ist eine Schnur geschlagen, woran an beyden Seiten gleiche Gewichte P, und Q gehangen werden, um den Druck gegen die Zapfenlager nach Gefallen zu vergrößern. Auf einer Seite hängt an einer sehr feinen Schnur die Schale R, um darein das Gewicht zulegen, welches das Reiben überwinden, und die Welle drehen sollte. Die Versuche, die wir theils bey verschiedenem Drucke der Zapfen auf ihre Unterlage, theils bey den verschieden eingelegten Zapfen

CC, oder DD; theils bey verschieden eingelegten Unterlagen anstellten, bestättigen die im vorigen §. bewiesene Reibungsgröße nach der Verschiedenheit des **Druckes**, und der **Größe der Oberflächen**, und geben uns noch dazu folgende Resultate:

a) **Stahl** lauft am leichtesten auf **Messing**, mit mehr Reibung der Ordnung nach auf **Bley, Kupfer, Guajakholz, Stahl, Zinn.** Wenn die Zapfen eingeölet sind, so ist das Reiben bey Stahl auf Messing etwa $\frac{1}{7}$, bey Stahl auf Kupfer $\frac{1}{5}$, bey Stahl auf Stahl $\frac{1}{4}$ des Druckes.

b) Körper von einerley Materie, z. B. **Stahl** auf **Stahl, Zinn** auf **Zinn** u. d. gl. reiben sich untereinander am stärksten, vermuthlich weil die Ungleichheiten ihrer Flächen einerley Größe haben, daher sie am vollkommensten congruiren, und am tiefesten ineinander eingreifen.

* Die Größe der Reibung verschiedener **Hölzer** untersuchte **Muschenbroek** (lib. cit.) mittels eines Gewichtes, das verschiedene Stücke polierter Hölzer über eine andere wohl geglättete Holzfläche nach einer horizontalen Richtung bewegen mußte; und fand aus seinen Versuchen, daß erstens sich mehrentheils **Hölzer von der nemlichen Art** bey sonst gleichen Umständen mehr reiben, als **verschiedenartige**; wie vorhin bey den gleichartigen Metallen. **Zweytens**, daß der Widerstand der Reibung des Holzes nach der **Richtung der Länge** der Fasern geringer, als nach der **Richtung der Quere**, wo

sich

sich ihre Fibern durchkreuzen, vorzüglich bey Tannen=, auf Tannenholz.

§. 71.

Practische Mittel um die Reibung zu vermindern.

Aus den vorgehenden zween §§. können wir auch die practischen Mitteln folgern, um die Reibung, so viel möglich, zu vermindern; man darf nur solche Körper=Flächen in der Bewegung miteinander in Verbindung bringen, von denen die Erfahrung lehrt, daß sie sich am wenigsten reiben. — Man muß daher

1) die sich reibenden Flächen der übereinander bewegten Körper recht glatt machen, und um den Mangel der Politur zu ersetzen, selbe mit Oel, Fett, Seife, Theer, Wasserbley, und andern schlüpfrigen Sachen schmieren, weil durch diese Bestreichung die Vertiefungen der Flächen ausgefüllt, und mit einer Substanz versehen werden, deren Theile bey der Bewegung der Körper sehr leicht aneinander hingleiten. Hierauf beruht das Einschmieren der Wagen und anderen hölzernen Maschienen mit thierischen Fetten, der Urwerke, und anderer metallenen Werkzeuge überhaupt mit Mandelöl oder Baumöl u. s. w.

2) Man soll darauf bedacht seyn, daß man nicht einerley Materien aneinander laufen läßt, sondern solche wählt, die sich wenig reiben, z. B. Stahl auf Messing. So macht man aus diesem

Grunde

Grunde in den Urwerken die Spindeln der Räder, und Getriebe von Stahl, und läßt ihre feinen Zapfen in Löchern laufen, die in messingen Platten eingebohret, oder wenigst mit solchen Plättchen ausgefüttert sind. Eben deßwegen sind insgemein die Räder von Messing, die Getriebe, in die sie greifen, von Stahle.

3) Wird das Reiben größtentheils vermieden, wenn man die Einrichtung so trift, daß sich Flächen nicht aneinander **schieben**, sondern übereinander **rollen**, oder sich **wälzen**; denn die tägliche Erfahrung lehrt uns, daß sich eine Kugel, eine Walze, ein Rad, die in ihrer Axe beweglich sind, leichter als ein anderer Körper bewege; theils weil an selben der kleinste Theil der Oberfläche in die Reibung kömmt, theils weil sich beym Rollen, oder Walzen die eingreifenden Theile einander ausweichen, und aus den Vertiefungen der andern Fläche wieder herausheben, ohne weder übersprungen, gebogen, noch abgebrochen zu werden, oder ohne merklichen Widerstande. Um den Grund dieser Erfahrung anschaulich zu machen, dient uns folgender Versuch: Es seye AB der Durchschnitt eines schweren Körpers, welcher auf einem Rade oder Walze EF, und diese ferner auf der Ebene CD liege. Der Körper AB werde durch die Kraft P gezogen; wobey es deutlich in die Augen fällt, daß die hervorragenden Zähne einander ausweichen, sich aus den Vertiefungen herausheben ohne weder abgestossen, weder gebogen

Taf. III. Fig. 2.

gebogen, noch übersprungen zu werden; sie bewegen sich nur herunterwärts, und wieder in die Höhe. — Hierauf beruht die Fortschaffung grosser Laste auf untergelegten **Walzen**, **Kugeln**, oder **Rollen**, wie auch die Erfindung der **Wagenräder** in allen **Fuhrwerken**. Durch die Wagenräder würde auf völlig ebenen, und wagrechten Wegen das Reiben am Boden fast ganz vermieden werden; es entsteht aber dabey ein neues Reiben der Wagenaxen an den Naben der Räder, welches man den Versuchen zufolge bey einem wohleingerichteten und gehörig beschmierten Fuhrwerke auf den siebenten Theil der Last schätzt. Dieses Reiben macht den Widerstand aus, den die Pferde zu überwinden haben. Setzt man die Kraft eines Pferdes im horizontalen Zuge = 175 Pfund, so wird die Last, deren Reibung es überwinden kann, 7 x 175 = 1225 beynahe 12 Centner seyn. Doch darf man auf ein Pferd nicht leicht über 7 bis 8 Centner rechnen, weil die Wege nicht gleich gut sind, auch oft bergan gehen, in welchem Falle die Pferde einen ziemlichen Theil der Last selbst zu heben bekommen.

4) Wenn sich ein Körper blos hin und herbewegen soll, wie z. B. eine **Pendelstange**, eine **Glocke**, der **Balken einer Wage** u. d. gl., so kann man die Bewegung beträchtlich vom Reiben befreyen, wenn man die Zapfen der Axe, um welche die Bewegung geschehen soll, nicht rund macht, sondern unten etwas abschärft; diese Schneide, oder Axe-

kante

kante wird sich auf ihrer Unterlage beynahe ohne Reibung blos wiegen.

§. 72.

Unvermeidentliche Nachtheile in der Körpernatur aus der Reibung.

Nichts ist in der Natur gemeiner, als die Wirkung der Reibung; man trift sie allenthalben an, und man darf sagen, daß sie die vorzüglichste Ursache der Abnützung aller Kunstwerke seye; die Kleidungen, der Hausrath, die Werkzeuge, und selbst die thierische Körpermaschine dauern nur eine gewisse Zeit lang, weil das beständige Reiben bey jeder Bewegung die Oberfläche, und die Gestalt unvermerkt verändert, und dadurch bewirkt, daß sie alle jene Eigenschaften verlieren, die von einer bestimmten Lage, Bauart, oder Gestalt der Oberfläche abhängen, z. B. ein Scheermesser, ein gemeines Messer, ein Beil, die Pflugschar verlieren durch die Reibung, die mit ihrem Gebrauche so enge verbunden ist, bald ihre Schneide u. s. w. — — So schädlich aber diese Erscheinung der Körpernatur, der Erhaltung, der Dauer der Dinge, und so hinderlich sie der Bewegung ist; so hat sie doch auf einer andern Seite außerordentliche nutzbare Wirkungen: Sie nützt

Vortheile in der Körpernatur aus der Reibung.

a) dem menschlichen Körper bey vielen krampfhaften Umständen, bey Rheumatismen, und Geschwülstern, weil dadurch Wärme erzeuget wird, die hierbey als ein Auflösungsmittel dient. — Ueberdas bey schlechter Verdauung; weil die durch die Reibung entstandene Wärme den Magensaft, dem

es an Wärme gebricht, wirksamer, und als Auflösungsmittel fähiger macht.

b) Die meisten **Werkzeuge** der Künstler werden wieder durch Reiben an rauhen Oberflächen, z. B. durch Feilen, durch Schleifen u. s. w. ihre zum Gebrauche nothwendige Gestalt, und Eigenschaft erhalten.

c) Das Reiben wird nützlich, so bald es darauf ankömmt die Geschwindigkeit einer Bewegung, die man nachtheilig, und schädlich findet, zu hemmen. Alle Fuhrleute sind davon überzeugt, indem sie bey einer großen Abhängigkeit eines Berges ein Rad ihres Lastwagens sperren, und dadurch die rollende Bewegung des Rades in eine schleifende umschaffen, um dadurch dem Wagen in seiner Bewegung abwärts ein größers Hinderniß der Reibung im Wege zu legen.

d) Außerdem wird durch Reiben fühlbare **Wärme** erregt, und oft Flamme hervorgebracht; alle Erscheinungen bey der **Elektricität**, bey der Vertheilung des **Magnetismus** haben wir ursprünglich der Reibung zu verdanken.

* Schon daraus, was wir nun von dem **Widerstande des Mitteldinges**, und der **Reibung** gesagt haben, läßt sich ein gegründetes Urtheil fällen über den vergeblichen Versuch eine **Maschin von immerwährender Bewegung** (mobile perpetuum) zu verfertigen.

§. 73.

§. 73.

Maschine heißt man im weitläuftigsten Sinne jedes Instrument, jede physikalische Geräthschaft, die man dazu gebraucht, um verschiedene Versuche anzustellen, verschiedene Naturerscheinungen hervorzubringen, oder zu messen. Daher der Namen Elektrisiermaschine, die man zur Erregung der Elektricität gebraucht; Compressionsmaschine, um mit selber flüßige Materien zusammenzudrücken; Dampfmaschine durch Dämpfe Bewegung hervorzubringen; Packers-Maschine zur Bereitung der Mineralwässer u. s. w., die aber alle eigentlicher Instrumente, Werkzeuge, physikalische Geräthschaften genennet werden sollten. — — Maschine im strengern Sinne heißt jedes solche Werkzeug, mittels dessen man einen trägen Körper entweders leichter d. i. mit weniger Kraft, oder geschwinder d. i. in kürzerer Zeit bewegen kann, als ohne selber möglich wäre.

Von der Bewegung der Körper mittels der Maschinen.

§. 74.

Der Namen Mechanik, oder Maschinenlehre umfaßt im engern Sinne die Lehre von der Bewegung der Körper mittels der Maschinen. — Sie theilt sich in höhere, und in die gemeine, oder practische Mechanik; jene untersucht ihre Bewegungsgesetze mit Beyhilfe der höhern Mathematik; diese aber giebt eine blos practische Anweisung vom Gebrauche der Maschinen nach den Gesetzen der mechanischen Bewegung, die sie mit Beyhilfe der Elementarmathematik an den Maschinen selbst, so viel

Mechanik.

möglich, beweiset. — — Ihr allgemeiner Grundsatz, auf dem die ganze Maschinenlehre ruht, ist durchgängig dieser, daß man bey der Bewegung mittelst der Maschinen nie an Kraft, und Zeit zugleich gewinnen könne, sondern stets an einer so viel verlieren müsse, als man an der andern gewinnt; denn die Kräfte sind gerade wie die Geschwindigkeit, und umgekehrt wie die Zeit; ist also bey dem Gebrauche einer Maschine die angewandte Kraft klein, mithin eine Ersparniß an Kräften, so wird auch die Geschwindigkeit der Bewegung klein, hingegen die dazu nöthige Zeit um das desto größer seyn, d. i. die kleinere Kraft wird dazu längere Zeit gebrauchen, und also an der Zeit so viel verlieren. Wenn aber die angewendete Kraft groß seyn muß, und auf solche Art kein Ersparniß sondern vielmehr Verlurst an Kräften vorhanden, so wird auch die Geschwindigkeit der Bewegung um das desto größer, und also die Zeit desto kürzer seyn, d. i. die größere Kraft wird weniger Zeit zur Bewegung vonnöthen haben, oder an der Zeit gewinnen.

§. 75.

Eintheilung der Maschinen.

So groß, und so verschieden die Anzahl der Maschinen ist, so können wir sie doch alle in zwo Klassen zusammenfassen, in die der einfachen, und die der zusammengesetzten Maschinen. — Die einfachen lassen sich auf folgende Arten zurückführen:

a) den

a) den Hebel,
b) die Rolle,
c) das Rad an dem Wellbaume,
d) die schiefe Fläche,
e) den Keil,
f) die Schraube.

Die aus den vorigen gleich = oder verschiedenartigen so miteinander in Verbindung stehen, daß eine in die andere eingreifen, und wirken könne, sind zusammengesetzte Maschinen. So wird jeder gleich einsehen, daß z. B. eine Sackuhr eine zusammengesetzte Maschine sey, weil ihre Räder in einander wirken, und eins das andere in Bewegung setzt.

§. 76.

Bey einer jeden sowohl einfachen, als zusammengesetzten Maschine, um sie genau, und richtig zu beurtheilen, haben wir besonders vier Hauptstücke wohl zu beobachten, als

A) **Kraft**, welche mittels der Maschine eine Bewegung hervorbringen, oder ein Hinderniß heben muß. Solche Kräfte können belebte, oder unbelebte Wesen seyn; zu jenen gehören die Kräften der Menschen, Thiere; zu diesen die Wirkungen der schon bewegten Körper, der Luft, Feuer, Wasser, der Schwere, und Elasticität u. s. w. Die Mechanik pflegt diese Kraft, die man bey einer Maschine anwendet, um dadurch Bewegung zu erzeigen, **Potenz** zu nennen.

B)

B) **Last**, oder das, was mittelst der Maschine bewegt werden muß, und der Potenz entgegenwirkt. Die Last kann in verschiedenen Dingen bestehen, als in Gewichten, die man aufheben, in Stahlfedern, die man spannen, in andern Körpern, die man mittelst der an die Maschine angewandten Potenz zertheilen muß u. s. w.

C) **Mittelpunkt der Bewegung**, oder jener Punkt einer Maschine, um welchen sich ihre übrigen Theile bewegen müssen. Wenn um diesem Punkte die übrigen theile der Maschine ruhen, so nennt man ihn den **Ruhepunkt** (Hypomochlium) **Untersatz**, **Unterlage**. Dieser Punkt ist nicht in jeder Maschine fest, sondern oft beweglich.

D) Die **Entfernung** der Potenz, und der Last von dem Bewegungs- oder Ruhepunkte. — Je weiter die Potenz, oder die Last vom Ruhepunkte, wo diese beyde gegeneinander wirken, entfernet liegen, desto größer ist auch ihre Wirkung dahin. Z. B. man befestige das End eines Linials an einem Tische, da der andere längere Arm des Linials über dem Tische in einer horizontalen Richtung hervorragt, woran man ein Gewicht so anhänge, das man es immer weiter am hervorragenden Ende hinausschieben kann. — Mit dem Wachsthume der Entfernung dieses Gewichtes, das uns Potenz oder Last vorstellt, wachst auch ihre Wirkung, oder Gewalt; indem das Linial immer mehr gespannet oder gekrümmet wird. — Eben so wächst auch die Wirkung der beyden Kräften

ten gegen den Mittelpunkt, wenn die gegenseitig-bewegenden Kräften durch ein größers Gewicht oder Masse verstärkt werden; es ist also die Wirkung, oder Gewalt, welche Potenz, und Last gegen den Ruhepunkt ineinander ausüben, im Verhältnisse mit dem Gewichte P, das hier die Stelle der Kräfte vertritt, und der Entfernung D beyder Kräfte von ihrem Ruhepunkte, oder Unterlage = PD; denn überhaupts ist die Wirkung, oder Gewalt, welche bewegende Kräfte aufeinander ausüben, mit der Masse, und Geschwindigkeit MC im genauen Verhältnisse (§. 40. 4.); nun ist aber die Masse wie das Gewicht, und die Geschwindigkeit wie die Entfernung, d. i. MC = PD, weil die Geschwindigkeiten, wie die Räume sind, die in eben der Zeit durchlaufen werden, diese aber sind wie die Bögen ab, ac, ad, ae, die immer desto größer werden, je größer die Entfernung der Kräfte a vom Ruhepuncte o ist. Man sieht hieraus, daß die Gewalt der Bewegung bey Maschinen nach dem nemlichen Gesetze, wie die Gewalt der Bewegung ohne Maschinen bestimmet werden könne. Taf. III. Fig. 3.

* Um Schwierigkeiten zu vermeiden, setzt die Theorie der Maschinenlehre alle Hindernisse der Bewegung, als Reiben, Schwere u. s. w. auf die Seite, zuletzt aber zeigt sie an, wie viel wegen diesen Hindernissen von der ausgerechneten Wirkung einer Maschine in Anschlag zu bringen sey.

§. 77.

§. 77.

Noch ehe wir weiter in der Maschinenlehre fortrücken, müssen wir einige allgemeine Begriffe aus der Statik von dem **Schwerpunkte**, und von dem **Gleichgewichte** fester Körper vorausschicken; denn weißt man einmal, wie viel Kraft an einer Maschine zum Gleichgewichte erfoderlich ist, so leuchtet es auch ein, daß etwas mehr Kraft eine Bewegung bewirke.

§. 78.

Von dem Schwerpunkte.

Wir wissen aus Erfahrung, daß z. B. in einem Teller, in einem Ey u. s. w. ein **Punkt** zu finden sey, mit welchem der Teller auf einer Messerspitze, der Spitz des Eyes frey auf dem Tische ruhet, und von welchem Punkte aus seine Theile nach allen Richtungen ein gleichstarkes und entgegengesetztes Bestreben zu fallen äußern. — Eben so findet sich in allen festen **Körpern** ein solcher Punkt, um welchen alle Theile nach jeder geraden Linie ein gleiches Gewicht äußern; denn er ist in allen ausfindbar; und dieser Punkt heißt **Mittelpunkt der Schwere**, oder **Schwerpunkt**, weil an diesem Punkte die Schwere, oder das Bestreben aller übrigen Theile eines festen Körpers sich der Erde zu nähern, gleichsam vereinigt vorzüglich sichtbar wird; denn sobald dieser Punkt eines festen Körpers unterstützt, oder in Ruhe ist, so ist es auch der ganze Körper, und hiebey zum Fallen unfähig, weil bey

der

der Unterstützung des Schwerpunkts auch die übrigen Theile ein gleiches, und entgegengesetztes Bestreben zur Erde haben, und hiemit nach den III. Gesetz §. 49. ruhen. — Die Richtung, nach welcher der Schwerpunkt des Körpers senkrecht auf die Erde frey fallen würde, heißt **Richtungslinie.** — — Aus diesen Begriffen mit Erfahrung verbunden sind die nachstehenden Folgesätze allgemein wahr:

a) In allen festen Körpern giebt es einen Schwerpunkt, um welchen alle übrige Theile ein gleiches Bestreben zu fallen äußern.

b) Die Ruhe, die Unterstützung des Schwerpunkts zieht nothwendig auch die Ruhe, und die Unterstützung des ganzen Körpers nach sich; so wie aus der Bewegung des Schwerpunkts unvermeidentlich auch die Bewegung des ganzen Körpers folget.

c) Im Schwerpunkte kann man sich die ganze Schwere des festen Körpers versammelt vorstellen, die Theile aber selbst außer diesem Punkte ohne Schwere denken. Indessen ist dieser Punkt nichts wirkliches, sondern wir abstrahieren die Schwere von allen übrigen Theilen des Körpers, und concentrieren sie in einen Punkt, um welchen alle Theile so ruhen, als wenn sie gar nicht schwer wären. —

d) Was also den Schwerpunkt tragt, das muß auch das Gewicht des ganzen Körpers tragen. — Heben wir eine Wage mit zwo gleichbeladenen Schalen bey ihrem Schwerpunkte auf, so muß unsere

Kraft,

Kraft, mit der wir selben aufheben, eben so groß seyn, als das ganze Gewicht der Wage mit ihrem beladenen Schalen.

* Den Schwerpunkt finden lehrt die höhere Mathematik. — Die Physik lehrt ihn nur durch Prüfen finden. — In einem durchaus gleichdickem Stocke ist der Schwerpunkt in der Mitte, oder in dem Mittelpunkte der Größe des Stockes. Wenn auch zween oder mehrere feste Körper an einer Stange verbunden sind, so ist ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt ebenfalls leicht zu finden.

e) So lange die Richtungslinie nicht außer der horizontalen Grundfläche oder Basis fällt, so lange kann der Körper nicht fallen, trift sie aber außerhalb derselben, so muß er fallen; weil im ersten Falle der Schwerpunkt von der Grundfläche unterstützt wird, im zweyten aber nicht. — Aus diesem durch Versuche bestättigten Satze lassen sich viele auffallende Naturbegebenheiten erklären:

1. Warum ein zwey Fuß langer holzerner Kasten, welcher an dem einen Ende, das horizontal auf einem Tische liegt, mit Bley ausgegossen, nicht falle, obwohl nur zween Zoll von seiner Länge vom Tische unterstützt werden.

2. Warum die manchmal sich so sehr inclinirenden Thürme, wie jene zu Bononien, zu Pisa, den wir im Modelle vorzeigen, keine Gefahr laufen umzustürzen.

3. Wa=

3. Warum ein hohles zilinderförmiges Kapsel, welches an einer Seite der Peripherie mit Bley ausgegossen ist; warum ein doppelter Kegel auf einer schiefliegenden Fläche aufwärts steige; doch ist dieß Steigen nur scheinbar, der Schwerpunkt sinkt.

4. Warum der chinesische Purzelmann rücklings über den Kopf eine Treppe heruntergehe.

5. Warum das Purzelmännchen sich selbst wieder aufrichte.

6. Warum eine Kugel auf einer horizontalen Ebene so leicht bewegbar; weil nemlich ihre Basis nur ein Punkt, mithin ist auch ihr Schwerpunkt leicht außer der Basis zu bringen, und auf diese Art zu bewegen.

7. Warum eine Kugel auf einer schiefen Fläche sogleich herabrolle, hingegen der Würfel auf selber ruhe, wenn der Winkel dieser Fläche mit dem Horizont etwas spitziger ist.

8. Warum ein Wagen mit Stein, oder Eisen beladen an einem seitwärts abhängigen Platze noch sicher fahre, da an eben dem Platze eine Ladung Heu, oder Getreidgarben u. d. gl. umstürze.

9. Da die menschliche Körpermaschine aus mehrern knöchernen Säulen zusammengesetzt ist, welche mit runden Gelenken aufeinander passen, die aber ohne Muskeln, und Bänder, wodurch die Richtungslinie immer wieder auf die Grundfläche zurückgezogen

gen werden muß, sogleich aus der senkrechten Richtung gebracht alle Augenblicke das Umfallen nothwendig machen würden. Hier verrichten die Beine eben die Dienste, die bey Gebäuden die Säulen leisten. Der Schwerpunkt, oder die Richtungslinie fällt beym Aufrechtstehen zwischen beyde Blattfüße, die aber, je nachdem der Mensch dem Körper bald diese, bald jene Wendung giebt, auf mancherley Art verrückt werden kann, so, daß diese bey der Neigung zur rechten Seite auf den rechten Blattfuß, bey der Neigung zur linken auf den linken Blattfuß kommt, bey der Neigung vorwärts auf den vordern Blattfuß, bey der Neigung rückwärts auf die Ferse hinfalle; daher ist erklärbar, warum wir uns bey Aufhebung eines Fußes etwas auf die andere Seite hinneigen; warum wir uns vorwärts neigen, wenn wir einen Last auf dem Rücken tragen; warum wir ohne den Fuß zurückzuziehen oder den obern Theil des Leibes vorwärts zu neigen nicht vom Sitze aufstehen können; warum wir am festesten auf zween Füßen stehen, hingegen aber eher ermüden, als wenn wir abwechselnd auf einem stehen; warum wir nicht lange auf der Ferse stehen können, u. dgl. m.

* Mahler, Kupferstecher, Bildhauer, und andere bildende Künstler müssen diese Lehre von dem Schwerpunkte gut verstehen, und sich bey der Verfertigung ihrer Kunstwerke genau nach denselben richten, wenn sie nicht unverzeihliche Fehler begehen, und zuweilen Sachen bilden wollen, die wider ihren

Willen

Willen umfallen, oder doch unnatürliche, und unmögliche Stellungen haben.

§. 79.

Gleichgewicht ist der Zustand der Ruhe, welcher erfolgt, wenn zwo gleiche Kräften nach entgegengesetzten Richtungen aufeinander wirken, wodurch beyde Kräfte einander aufheben, und keine derselben eine Bewegung hervorbringen kann, z. B. wenn ich eine durchgehends gleichartige Stange an ihrem Schwerpunkte C auf meinen Finger lege, so bestreben sich ihre Theile an beyden Armen AC, und CB vermög ihrer Schwere mit gleicher Kraft abwärts zufallen; so stark aber beyde Arme abwärts drücken, so stark drückt einer den andern wieder aufwärts, nemlich der Arm AC drückt den Arm CB und CB den Arm AC eben so stark aufwärts, als sie beyde mittels ihrer Schwere abwärts drücken; beyde Bestrebungen sind sich also gleich, und entgegengesetzt, heben sich einander, und erhalten die Stange auf dem Finger in der Ruhe, oder im Gleichgewichte. — Die Lehre vom Gleichgewichte setzt eben wieder das III. Gesetz §. 49. als ihren allgemeinen Grundsatz voraus.

Von dem Gleichgewichte fester Körper.

Taf. III. Fig. 4.

§. 80.

Ein Hebel heißt jede feste, unbiegsame Stange, an der man sich drey Punkte gedenken kann, nemlich den Ruhepunkte, auf welchem die Stange aufliegt, und sich bewegen kann, und die zween an-

Anwendung dieser allgemeinen Grundsätze auf Maschinen.

dern

Vom Hebel. dern Punkte, an welchen **Potenz**, und **Last** angebracht werden, und sich einander entgegen wirken können. — — Bey der **theoretischen** Betrachtung setzt man die Materie des Hebels nebst ihrem Gewichte ganz beyseite, und denkt sich die drey benannten Punkte blos durch mathematische Linien verbunden, daher diese Verbindung ein **mathematischer** Hebel genennet wird. — Wird das Gewicht des Hebels, oder der Stange selbst mit in Betrachtung gezogen, wie dieß allerdings in der Ausübung geschehen muß, so heißt er ein **physischer** Hebel. — Liegen die drey Punkte in einer geraden Linie, so heißt der Hebel **geradlinicht**; im widrigen Falle ein **krummer**, **gebrochner**, oder ein **Winkelhebel**.

§. 81.

Drey Hebelarten. Aus der Stellung dieser drey Punkte gegeneinander entstehen die verschiedenen Arten der Hebel. — In den practischen Mechanik sind drey Arten derselben zu unterscheiden:

a) Liegt der **Ruhepunkt** zwischen **Potenz**, und **Last**, so ist ein solcher **Hebel von der ersten Art**, ein **doppelarmichter Hebel**, der wieder oder **gleicharmicht**, oder **ungleicharmicht** seyn kann, je nachdem Potenz, und Last oder gleichweit, oder ungleichweit vom Ruhepunkte entfernet stehen.

b) Liegt

b) Liegt die Last zwischen dem Ruhepunkte, und der Potenz, so nennt man ihn einen Hebel der zwoten Art.

c) Wird aber die Potenz zwischen dem Ruhepunkte, und der Last angebracht, dann heißt selber ein Hebel der dritten Art. — Wolf hieß die Hebel der ersten Art Druckhebel, jene der zwoten Traghebel, und jene der dritten Art Wurfhebel. Die Hebel der zwoten, und dritten Art heißt man einarmichte Hebel.

§. 82.

Um die Kräfte der Potenz, und der Last an einem Hebel von jeder Art näher bestimmen zu können, kommt alles auf die Gewalt an, mit welcher die am Hebel angebrachten Potenz, und Last gegenseitig bey der Unterlage, oder dem Ruhepunkte aufeinander wirken. — Diese Gewalt, gegenseitige Wirkung beyder Kräfte zum Ruhepuncte hin ist desto größer, je größer die Kräfte für sich selbst, und je größer ihre Entfernungen, oder Distanzen von ihrem gemeinschaftlichen Ruhepunkte sind. (§. 76.) — Hierinn liegt nun das allgemeine Gesetz für jede Art Hebel: An allen drey Hebelarten stehen senkrecht wirkende Kräfte d. i. Potenz, und Last im Gleichgewichte, wenn das Product aus der Potenz, und ihrer Distanz vom Ruhepunkte dem Produkte aus der Last, und ihrer Distanz von eben dem Punkte vollkommen gleich ist; d. i. $PD = pd$, wo P die Potenz,

tenz, und D ihre Distanz; p die Last, und d ihre Distanz anzeigen. Die practische Mechanik nennt diese Producte **Momente** der beyden Kräften. — Diese Momente der beyden Kräften sind aber einander gleich, wenn oder, bey gleichen Kräften, auch ihre Distanzen vom Ruhepunkte gleich sind; oder wenn, bey ungleichen Kräften und Distanzen vom Ruhepunkte, die Kräfte im umgekehrten Verhältnisse mit ihren Distanzen am Hebel angebracht werden, d. h. wenn $P : p = d : D$, in welchem Falle die größern Distanzen das wieder ersetzen müssen, um was die Kräfte kleiner sind. — Dieses allgemeine Gesetz des Gleichgewichtes zwischen Potenz, und Last am Hebel, worauf die ganze Statik, und Maschinenlehre beruht, hat auch in der practischen Mechanik bey der Anwendung des physischen Hebels seine volle Gewisheit aus den nachstehenden Versuchen, nur muß man dabey zu den Momenten der Potenz, und Last auch die Momente der schweren Hebelarme hinzurechnen. —

* Die Hebel, die ich zu Versuchen brauche, sind hölzerne Liniale $\frac{1}{4}$ Zoll in der Dicke, und 1 $\frac{1}{4}$ Zoll breit, durchgehends gleichartig, und in völlig gleiche Theile abgetheilet; sie sind so eingerichtet, daß ihre Theile bey der Unterstützung ihres Ruhepunktes an und für sich schon im Gleichgewichte sind; sonst würde das Uebergewicht des einen über den andern als Kraft wirken. Die an diese Hebel angebrachten Gewichte bestimmen die Kräfte der Potenz, und der Last.

1. Ver-

1. Versuch. Ein gleichartiges, und in gleiche Theile abgetheiltes Linial AB hält sich auf dem Untersatze C das Gleichgewicht, wenn selbes als ein doppelarmichter Hebel (vorig. §. 81.) in der Mitte e auf C aufgelegt wird; weil in dem Liniale wegen seiner Gleichartigkeit der Mittelpunkt der Größe, und Schwere (§. 78.) in die Mitte e fallen, daher die Gewichte seiner Theile, und ihre Distanzen vom Ruhepunkte C beyderseits gleich sind, d. i. Ae = Be, mithin auch die Momente gleich seyn müssen. Versuche mit den Hebeln der ersten Art. Taf. III. Fig. 5.

2. Versuch. Legt man beyderseits in gleichen Entfernungen gleiche Gewichte z. B. auf beyden Seiten vier mit den Abtheilungen Ad, fB, gleichgrosse, und gleichschwere Brettchen auf; so bleibt selbes wieder im Gleichgewichte wegen den gleichen Momenten.

3. Versuch. Man gebe dem einem Arme dieses Hebels eine Distanz von der Unterlage, die dreymal grösser ist, als jene des andern d. i., man lege den vorigen hebel bey d auf die Unterlage C, daß hiemit die Distanz der Kraft B von der Unterlage C = 3, wie auch das Gewicht dieses Armes = de + ef + f B = 3; die Distanz der Kraft A aber = 1; so können diese zwo Kräfte A und B nur dann im Gleichgewichte seyn, wenn das Gewicht am Arme Ad = 9 multiplicirt mit seiner Distanz = 1 dem Moment am Arme dB = 3 x 3 = 9 vollkommen gleich ist. Taf. III. Fig. 6.

Versuch mit den Hebeln der zwoten, und dritten Art.

Taf. III. Fig. 7.

1. **Versuch.** Es sey in der Figur AB ein einarmichter Hebel der zwoten Art, mithin A der Untersatz, oder Ruhepunkt, L die Last = 4 tt., und P die Potenz; die Distanz der Last von A = AC = 2 Schuh; die Distanz der Potenz aber AB = 4 Schuh. Damit nun die Potenz der Last das Gleichgewicht halte, muß die Potenz so groß als der Druck von 2 tt. seyn, und so wird das Moment der Potenz $\frac{P \quad D}{2 \times 4}$ dem Moment der Last $\frac{p \quad d}{4 \times 2}$ vollkommen gleichseyn.

2. **Versuch.** Wenn wir in der nemlichen Figur das Gewicht L für die Potenz annehmen, welche dem Gewichte P an so einem Hebel der dritten Art das Gleichgewicht halten soll, so muß bey der Entfernung der Potenz = 2 ihr Gewicht = 4 seyn, um der Last=2 mit der Entfernung = 4 gleich zuseyn, d. i. Potenz und Last müssen auch am Hebel der dritten Art mit ihren Distanzen im umgekehrten Verhältniß angebracht werden; nur muß bey dieser Art Hebel die Potenz immer größer als die Last seyn, weil die Distanz der Potenz von der Unterlage allzeit kleiner, als jene der Last ist. — Man hat also bey der Anwendung dieser Hebel gar keinen Gewinnst, wohl aber immer Verlurst an Kräften; dessen Gebrauch findet daher nur dann statt, wenn Ueberfluß an Kräften vorhanden ist.

§. 83.

§. 83.

Wenn mehrere Kräfte an den drey Hebelsarten angebracht werden, so bestimmt die Summe der Momente aller nach einer Richtung wirkenden Kräfte in ihre Distanzen vom Ruhepunkte das Moment der sammentlichen Kräfte. Man multiplicire daher jede einzelne Potenz mit ihrer Entfernung, so auch jede einzelne Last mit ihrer Entfernung, und addire demnach die Momente der Potenzen, wie auch die Momente der Laste zusammen, sind diese Summen beyder Momente einander gleich, so werden die Potenzen, und Laste am Hebel im Gleichgewichte seyn, wie folgende Versuche beweisen. Eben das Gesetz bey mehrern Kräften an den drey Hebelarten.

1. Versuch. Man lege den Hebel AB auf den Untersatz C, und hänge an den längern Arm dieses doppelarmichten Hebels in der Entfernung von C = 2 Schuh bey V ein Gewicht von 10 tt., wie auch bey B in der Entfernung von 5 Schuh ein Gewicht von 56 tt. an, daß hiemit ihre Momenten 2 x 10, und 5 x 56 zusamm addirt = 20 + 280 = 300 tt. sind. Hängt man demnach an den kürzern Arm AC, der nur 1 Schuh Länge hat, ein Gewicht von 3 Centner an, so wird dieses den Gewichtern am längern Arm das Gleichgewicht halten. Taf. III. Fig. 8.

2. Versuch. Man setze das End des Hebels auf den Untersatz C, daß hiemit diese Vorrichtung einen Hebel der zwoten Art vorstelle; der Last A Taf. III. Fig. 9.

= 300 tt. gebe man eine Distanz = 1, und der Last V = 10 tt. eine Distanz = 3; daß hiemit ihre Momenten 300 x 1 + 10 x 3 zusammen genommen = 330 tt. sind. Hängt man demnach bey B, dessen Distanz = 6 ein Gewicht statt der Potenz auf, das = 55 tt., mithin ihr Moment = 6 x 55 = 330 tt., so wird das Moment der Potenz den Momenten der Last das Gleichgewicht halten. — Das nemliche gilt auch von den Hebeln der dritten Art, wenn wir die Gewichte A, und V für Potenz, und B für die Last annehmen.

§. 84.

Vom Winkelhebel.

Sind die Hebel gebrochene, oder **Winkelhebel**, so findet die nemliche Bestimmung beyder Kräfte statt, wofern nur die Richtungen der Kräfte auf den Hebelarmen senkrecht sind, und unter diesen Armen die Perpendiculär=Abstände, oder die geraden Linien verstanden werden, die von der Potenz, und der Last auf den Ruhepunkt gezogen werden, wie wir dieß auch in Versuchen mit Winkelhebeln auf die vorige Art zeigen. — Diese **Winkelhebel** sind sehr anwendbar bey den Pumpen, und den kleinen Glocken an den Häusern, und in andern Fällen, wo die Wirkung auf keine andere Art kann erreichet werden.

§. 85.

Anwendung der vorigen

Der Hebel, besonders der Hebebaum ist eine der einfachsten, und eben darum auch eine der

wirk=

wirksamsten Maschinen, weil bey ihm das Reiben sehr wenig betragt, und daher die Kraft fast eben so viel ausrichten kann, als die Theorie angiebt, welches sich kaum durch irgend eine andere Maschine bewirken läßt. — Sein gewöhnlicher Gebrauch besteht darinn, daß er der **Potenz** einen Vortheil verschaft, eine schwere Last leichter zu bewegen, oder auf eine gewisse Höhe zu bringen. Um so eine leichtere Bewegung mit **Ersparniß an Kräften** zu bewirken, muß das **Moment** oder die **anzuwendende Gewalt der Potenz größer** werden, als jenes der **Last** ist; sie wird aber nach den vorigen Gesetzen dadurch größer, wenn die **Potenz weiter vom Ruhepunkte entfernet**, als die **Last davon absteht, angebracht wird**, damit durch die größere Entfernung der Potenz vom Ruhepunkte das wieder ersetzt werde, was sie an Kräften ersparet, d. i. damit die Last leichter fortbewegt werden könne. — Da die Potenz vom Ruhepunkte immer mehr, und mehr entfernet werden kann, so kann auch die Gewalt der Potenz an dieser Maschine immerzu vergrößert, und also ein beträchtliches Ersparniß an Kräften bewirket werden. — Daraus ist es nun ganz leicht erklärbar, wie ein Kind mit einem gewachsenen Manne eine grosse Last tragen könne. — Gesetze bey dem Gebrauche des Hebels im gemeinen Leben.

— Die größte Unbequemlichkeit bey dem Gebrauche des einfachen Hebels ist, daß man durch ihn die Last nicht beträchtlich hoch heben kann, weil sein kürzerer Arm, an dem die Last angebracht wird, nur Kreisbögen von einem sehr kleinen Halbmesser beschreibt,

schreibt, und also die Last kaum um die Größe eines solchen Halbmessers erhebt. Dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen hat man Vorrichtungen erfunden, wo ein Hebel auf abwechselnden Unterlagen, oder Zähnen ruhen kann, von denen die folgenden immerzu höher liegen, als die vorhergehenden, wobey der Hebel mit der daran befindlichen Last stuffenweise von einer zur andern immerzu höher gebracht wird. Diese Vorrichtungen begreift man zusammen unter dem Namen der **Hebeladen**, deren wir viele in Modellen vorzeigen, welche dazu dienen, um die schweresten Laste nach und nach weiter fortzubewegen, auf eine beträchtlichere Höhe zu erheben, Baumstöcke aus der Erde auszureißen u. s. w. — — — Außer dem findet der Gebrauch des Hebels und die Anwendung seiner Gesetze im gemeinen Leben bey tausenderley Fällen statt: Die **Kurbel**, oder **Handhebe**, wodurch man meistens Räderwerke in Bewegung setzt, der **Geisfuß** der Maurer, die **Ruder** am Schiffe, die **Messer**, **Scheeren**, **Zangen**, **Hammer**, kurz fast alle **Werkzeuge** der **Künstler** sind lauter Hebeln. So besteht z. B. die Scheere und die Zange aus zween Hebeln der ersten Art, die sich um einen gemeinschaftlichen Ruhepunkt drehen, und wo der Widerstand, den die Theile des zuzerschneidenden, oder von einem andern abzusönderenden Körpers entgegensetzen, die Stelle der Last vertritt.

Oft und vorzüglich, wo Ueberfluß an Kräften vorhanden, wird auch der Hebel so angebracht, daß er die **Geschwindigkeit** der Bewegung vergrössere,

in welchem Falle die Last an den längern, oder in einer größern Distanz vom Ruhepunkte, und die Potenz an den kürzern Arm oder in der kleinern Entfernung von selbem Punkte angebracht werden muß, wobey die Kraft der Potenz um das größer seyn muß, um was ihre Distanz kleiner, als jene der Last ist; ist aber die angewandte Kraft der Potenz größer, so wird auch die Geschwindigkeit der Bewegung und der zudurchlaufende Raum größer, die dazu nothwendige Zeit aber kürzer seyn; mithin werden wir dabey das an der Zeit gewinnen, was wir an den Kräften verlieren. Darinn liegt der Grund, warum an den Eisenblech-Scheeren so lange Handheben, und so kurze Schneiden; an den Papierscheeren aber so kurze Handheben, und so lange Schneiden angebracht sind; die erstern geben **Gewinste an Kräften**; die zweyten geben bey schon vorhandenen Ueberfluße an Kräften **Gewinste an der Zeit**. — — Auch der Wurfhebel d. i. der Hebel der dritten Art ist im gemeinen Leben unentbehrlich, und so wenig zu verkennen, als die Hebel der ersten und zwoten Art; obwohl dadurch die Bewegung nicht erleichtert wird, weil die Last weiter, als die Potenz vom Ruhepunkte entfernet liegt; so wird doch dadurch eben darum eine größere **Geschwindigkeit** in der Bewegung erzeugt. — Die **Muskeln**, und die meisten Glieder des thierischen Körpers gehören zu dieser Art Hebel; die Hacke, die Schaufel, die Mistgabel, die Feuerzange, die Trischl sind lauter Hebel der dritten Art.

Anmer-

Anmerkung. Bey dem Gebrauche der Hebel sowohl, als auch anderer Maschinen soll man hauptsächlich darauf acht geben, daß man nach Umständen, und nach dem Verhältniß der Last zur Potenz weder bey dem Ersparniß an Kräften zu viel an der Zeit, noch bey dem Ersparniß an der Zeit zu viel an den Kräften verliere.

§. 86.

Von den zusamengesetzten Hebeln. Taf. III. Fig. 10.

Eine zusammengesetzte Hebelmaschine ist jene, in welcher zween, oder mehrere Hebel so miteinander in Verbindung stehen, daß die Wirkung, welche die Potenz A mittels des ersten Hebels bey B hervorbringt, gleichsam als Potenz auf den zweyten, die Wirkung des zweyten bey C wieder auf den dritten als Potenz wirke u. s. w. — Es gelten daher in der zusammengesetzten Hebelmaschine alle Gesetze des einfachen Hebels; denn zween, oder mehrere einfache Hebel machen in der Verbindung eine zusammengesetzte Hebelmaschin aus; gleichwie also in dem einfachen Hebel Potenz, und Last im umgekehrten, und einfachen Verhältnisse mit ihren Distanzen sind, so muß demnach auch in der zusammengesetzten Hebelmaschine Potenz, und Last im verkehrten und zusammengesetzten Verhältnisse mit ihren Distanzen seyn. — Um also die Potenz und Last, die sich das Gleichgewicht halten sollen, zu bestimmen, so setzen wir ihre einfachen Verhältnisse zusammen. Z. B. in der obigen Maschine, die aus drey Hebeln besteht, an deren jeden sich die Di-

stanz

stanz der Last zu jener der Potenz, wie 1 : 2 verhalten; mithin

ihre einfachen Verhältnisse:

$$P : p = 1 : 2$$
$$P : p = 1 : 2$$
$$P : p = 1 : 2$$

ihr Zusammengesetztes:

$$P : p = 1 : 8$$

Ist also die Last bey D = 32 tt., so findet das Verhältniß statt: P : 32 = 1 : 8 mithin $P = \frac{32}{8}$ = 4 tt. d. i. eine Potenz, die so stark als 4 tt. drückt, wird im Stande seyn eine Last von 32 tt. mittelst dieses dreyfachen Hebels im Gleichgewichte zu erhalten, und bey einem etwas grössern Drucke so eine Last zu bewegen. — Mit dieser Berechnung stimmen auch die Versuche an eben diesem dreyfachen Hebel vollkommen übereins. Mittelst mehrer aufeinander wirkender Hebel läßt sich eine sehr grosse Last mit sehr geringer Kraft in Bewegung setzen, weil dadurch die Distanz der Potenz um sehr viel, und beynahe ins unendliche vergrößert werden kann. Hieraus hat der Ausspruch eines alten Philosophen seine Erklärung, da er sagt: Gebt mir einen festen Punkt außer der Erde, und ich will die Erde in Bewegung setzen. Anwendung.

§. 87.

Doppelarmichte, oder Hebeln der ersten Art sind eigentlich unsere Wagen, welche, weil sie sehr brauchbare Werkzeuge sind, eine besondere Abhandlung verdienen. Von den Wagen.

Den

Den Namen einer **Wage** führt überhaupt jeder Hebel, der dazu dient, das unbekannte Gewicht eines Körpers vermittelst eines bekannten Gegengewichts zu erfahren. — Die Wagen sind **gleicharmicht**, oder **ungleicharmicht**; gleicharmichte Wagen sind die **gemeinen Wagen**, die **Krammerwagen**, die **Goldwagen**, die **hydrostatischen Wagen**, die **Probierwagen** u. s. w. Die ungleicharmichten heißen **römische Wagen**, **Schnellwagen**.

§. 88.

Von den gemeinen Wagen.

Eine **gemeine Wage**, nebst allen übrigen Arten, die davon abstammen, und sich nur durch ihre Empfindlichkeit unterscheiden, hat zween gleichlange Arme, mithin haben Gewicht und Gegengewicht gleich weite Distanzen vom Ruhepunkte; sollen daher Gewicht, und Gegengewicht miteinander ins Gleichgewicht kommen, so muß bey diesen gleichen Distanzen auch das Gewicht des abzuwiegenden Körpers allemal dem Gegengewichte gleich seyn. (§. 82.) — Die Bestandtheile einer gemeinen Wage sind, Fig. 11.:

Taf. III. Fig. 11.

a) Der Wagbalken A B,

b) die Aufhangspunkte an selbem o und o,

c) die Schalen von den Schnüren D und D,

d) die Achse, welche senkrecht durch den Wagbalken geht, und von den Pfannen der Scheere CEF unterstützet wird.

e) Das

e) Das kleine Stängchen, das senkrecht auf dem Wagbalken innerhalb der Scheere steht, heißt die **Wagzunge**. — Diese dient dazu, um durch ihre senkrechte, und mit der Scheere parellele Stellung die Horizontallage des Balken, und dadurch das Gleichgewicht anzuzeigen. Verläßt die Zunge einer genauen Wage ihre Stellung, und macht sie mit der Scheere einen gewissen Winkel, den man **Ausschlag** nennt; so schließt man auf eine kleine Ungleichheit der Gewichte, die wieder desto größer, je größer der Ausschlag ist. Bey einer grössern Ungleichheit der Gewichte wird die Zunge mit dem Horizont parallel stehen, oder wie man zu sagen pflegt, die Wage wird gar **umschlagen**. — — Giebt die Wage bey der mindesten Ungleichheit der Gewichte einen merklichen Ausschlag, so nennt man die Wage **empfindlich**; im widrigen Falle aber faul. — Die Grade der Empfindlichkeit müssen den Absichten der Wage gemäß seyn; eine zu große Empfindlichkeit bey den gemeinen **Wagen**, mit denen man Krammwaaren u. d. gl. abwiegt, würde beschwerlich fallen, da hingegen die Gold= die **Probierwagen** einen höhern Grade der Empfindlichkeit fodern. Für den Physiker möchte die sogenannte **Universalwage** die wichtigste seyn. Ihr Balken ist ein hölzernes ganz reguläres Parallelepipedum, in eine Anzahl gleicher Theile getheilt, und mit gewöhnlichen unten abgeschärften Zapfen in Pfannen, die auf einem Stative stehen, eingelegt. Dazu gehören Schieber, an die man Gewichte anhängen, und sie nach Belie-

ben an diesen, oder jenen Punkt der Eintheilung verschieben kann; sie dient dazu um die meisten Sätze der Theorie des Hebels, und des Schwerpunktes durch Versuche zu prüfen.

§. 89.

Die Richtigkeit einer gemeinen Wage.

Eine richtige, und zweckmäßige Wage nennt man die, welche bey der Gleichheit der Gewichte in keiner andern, als in der horizontalen Richtung ruht; bey der mindesten Ungleichheit einen Ausschlag giebt; und bey einer grössern Ungleichheit gar umschlagt. — Im widrigen Falle heißt man die Wage unrichtig. — — Um eine richtige, und zweckmäßige Wage zu verfertigen, hat man genau auf die Lage des Bewegungspunktes, oder der Achskante gegen den Schwerpunkt in dem Wagbalken zu sehen. Hierbey sind drey Fälle möglich:

Taf. III. Fig. 12.

1. Es werden entweder beyde Punkte übereinstimmen d. i. es wird entweder die Achskante in den Schwerpunkt C selbst, welcher in so einer gleichartigen Stange mit den Aufhangspunkten AB in gerader Linie liegt, und in die Mitte C fallt, hineinversetzt; oder

2. es wird der Bewegungspunkt unter den Schwerpunkt gebracht d. i. die Achskante unter den Schwerpunkt in e hineingesenkt; oder

3. es

3. es wird die Achskante ober dem Schwerpunkte in d angebracht.

Im ersten Falle wird die Wage, wenn gleiche Gewichte in beyde gleichschwere Schalen geleget werden, in einer jeden auch inclinirten Lage ruhen; weil der Schwerpunkt in der Achskante selbst, diese aber in jeder Lage von den Pfannen der Scheere unterstützt ist; so muß bey gleichen Gewichten auch nothwendig der Schwerpunkt in jeder Lage unterstützet, und die Wage in Ruhe bleiben. Bey der geringsten Ungleichheit der Gewichte aber wird der Wagbalken ganz umschlagen; denn in diesem Falle rückt der gemeinschaftliche Schwerpunkt auf die Seite des grössern Gewichts, und macht die Wage auf dieser Seite so lange sinken, bis er Unterstützung findet, und also der Wagbalken senkrecht steht, oder ganz umgeschlagen hat. So eine Wage kann also keine richtige, und zweckmäßige Wage seyn.

* Die Versuch mit einer auf diese Art verfertigten Wage bestätigt die vorige Theorie. Taf. III. Fig. 13.

Im zweyten Falle wird der Wagbalken auch bey gleichen aufgelegten Gewichten, so bald er nur etwas aus seiner horizontalen Lage kömmt, ganz umschlagen, auf welche Seite man nur immer will, ohne wieder in die horizontale Lage zurückzukehren; weil der Schwerpunkt bey der mindesten Neigung ausser dem Ruhepunkte fallt, und daher so lange sinkt, bis er Unterstützung findet, oder die Wage

ganz

ganz umgeschlagen hat. Es ist also auch diese Art Wagen zum Gebrauche ganz ungeschickt.

Taf. III. Fig. 14. * Mit dieser Theorie stimmt auch der Versuch mit so einer Wage völlig übereins.

Im dritten Falle wird der Wagbalken bey gleichen Gewichten so lange schwanken, bis er wieder horizontal steht, und der Schwerpunkt mit der Achskante in eine lothrechte Linie kömmt; denn wenn sich bey gleichen Gewichten ein Arm neigt, so steigt der Schwerpunkt auf der andern Seite etwas aufwärts, fängt daher wieder zu fallen an, bis er wieder senkrecht unter der Achskante, als seinem niedersten Orte, zu stehen kömmt, steigt aber des Falles wegen wie ein Pendel auf der andern Seite wieder auf, fallt aber wieder, und das so lange fort, bis seine Bewegung durch das Reiben an der Achskante, und durch den Widerstand des Mitteldinges gehemmet, und der Schwerpunkt senkrecht unter der Achskante unterstützt in der Ruhe verbleibt, der Wagbalken aber in horizontaler Lage steht. — Sind aber die Gewichte etwas weniges ungleich, so kömmt der Schwerpunkt auf die Seite, woran das größere Gewicht ist, ein wenig außer der senkrechten, und niedersten Richtung, sinkt daher wieder zur senkrechten Richtung nieder, das nun den Ausschlag giebt. Ist hingegen der Unterschied der Gewichte größer, so fallt auch der Schwerpunkt auf einer Seite weiter hinaus, der sodann solange fallt, bis er senkrecht unter der Achskante steht, und die Wage

ganz umgeschlagen hat. Diese ist nun eine richtige, und den Absichten entsprechende Wage. Auch die vorhin unrichtigen Wagen (Fig. 12. 13.) können wieder richtig gemacht werden, wenn eine an einer kleinen stahlenen Feder befestigte Bleykugel E, wie Fig. zeigt, unter der Achskante des Wagbalken angebracht wird, wodurch der Schwerpunkt wieder unter den Bewegungspunkt versetzt wird. — Es muß also bey der Verfertigung einer richtigen und brauchbaren Wage die Achskante ein wenig ober dem Schwerpunkte befestiget werden. Taf. III. Fig. 15.

* Beweise aus Versuchen mit einer auf diese Art verfertigten Wage.

§. 90.

Die Genauigkeit, und Vollkommenheit einer Wage fodert

Die Vollkomenheit einer gemeinen Wage.

1) die genaueste Gleichheit der Arme sowohl an ihrem Gewichte, als an ihrer Länge, nebst den vollkommen gleichschweren Schalen.

2) Die bestmöglichste Steifigkeit der Arme.

3) Eine große Empfindlichkeit oder möglichst leichte Bewegung, die wir dadurch erhalten, wenn man a) nicht zu schwere, und nicht zu lange Balken dazu wählt, die bey der Achse durch ihren stärkern Druck ein größers Reiben verursachen; b) die Kanten an der Achse, und an den Aufhängspunkten

ten schärft, doch nicht gar zu schneidig macht, um eine größere Reibung zu vermeiden.

4) Eine etwas höhere Zunge, die aber nicht beträchtlich schwer ist.

* Wir zeigen gut eingerichtete Wagen vor, und machen praktisch auf die angezeigten erfoderlichen Stücke aufmerksam.

§. 91.

Von den falschen Wagen.

Eine falsche Wage heißt jene, die sich bey ungleichen Gewichten dennoch wagrecht stellt. — Die Habsucht hat allerley falsche Wagen ersonnen; man hat daher

1stens die Arme ungleichlang, die Schalen mit den Schnüren von ungleichen Gewichte verfertiget, und die schwerere an den kürzern, die leichtere aber an den längern Arm aufgehängt. Die abzuwiegende Waare bringt man bey den längern, das Gegengewicht bey den kürzern Arm an, wobey man an dem Gewicht der Waare um so viel weniger erhält, als ihr Arm jenen des Gegengewichtes übertrift. — Durch **Verwechslung** der Schalen kann man den Betrug augenblicklich entdecken, weil so die schwerere Schale an den längern Arm kommen, und einen Ausschlag geben muß. — — Auch eine richtige Wage kann falsch werden, wenn sich ihre Arme ungleichbeugen, und die Punkte A, und B ungleiche Abstände von C bekommen; ingleichen wenn man an dem einen Arme

etwas

etwas Heißes wiegt, wobey er durch die Hitze verlängert werden kann, so, daß z. B. eine Kugel glühend mehr zu wiegen scheint, als kalt.

2tens. Man hat den Balken hohl gemacht, und eine Portion Quecksilber dareingethan, die abzuwiegende Waare vor dem Gegengewichte auf eine Wagschale gelegt, damit das Quecksilber dahin fließe, und durch sein Gewicht das ersetze, was der Waare am Gewichte mangelt. Diesem Betruge, der zwar seltner ist, wird vorgebeugt, wenn man das Gegengewicht vor der abzuwiegenden Waare in die Schale legen läßt, damit das Gewicht des Quecksilbers auf die Seite des Gegengewichtes hinschlägt, wobey den vorhabenden Schaden der Verkäufer zu tragen hat.

§. 92.

Diesen Namen Schnell- oder Römmerwage führt eine ungleicharmichte Wage, auf welcher man Lasten von verschiedenen Gewichten mit einem einzigen Gegengewichte abwägen kann. Sie ist ein ungleicharmichter Hebel der ersten Art, welcher sich um seine Achse C bewegt; die Stelle des Gegengewichtes vertritt der Laufer P von einem bestimmten, und unbekannten Gewichte, der auf dem längern Arme CB nach Willkur verschoben werden kann. Es giebt auch manchmal Schnellwagen, an denen sich die Unterlage verschieben läßt, da hingegen das Gegengewicht am Ende des längern Armes bey B befestiget wird. — Ihr Gebrauch beruht wieder

Von der Schnell- oder Römmerwage.

Taf. III. Fig. 16.

 auf

auf dem allgemeinen Grundsatze für alle Hebelarten (§. 82.), daß nemlich zwo am Hebel sich entgegenwirkende Kräften im Gleichgewichte stehen, wenn selbe im umgekehrten Verhältnisse mit den Distanzen von ihrem Untersatze angebracht werden, d. i. wenn P : p = d : D. — Es kann daher der Laufer immer schwerern in die Schale D gelegten Lasten das Gleichgewicht halten, je weiter selber am langen Arme von dem Mittelpunkte der Bewegung oder der Achse C entfernet wird.

§. 93.

Die Richtigkeit einer Schnellwage.

Bey der Verfertigung einer richtigen, und zweckmäßigen Schnellwage kann man den langen Arm auf den kurzen äquiren, oder nicht äquiren d. h. den Wagbalken so einrichten, daß der längere Arm C B (vorige Fig.) für sich allein nach abgenommenen Laufer P dem kürzern nebst der Kette, und Schale D das Gleichgewicht halte, oder nicht. — Im ersten Falle ist die Wage in ihrem Schwerpunkte selbst unterstützt, und richtet sich nach den Gesetzen des mathematischen Hebels; es werden daher alle Abtheilungen auf dem längern Arme Ce, ef, fg, gh, hB dem Abstande der Last vom Punkte C d. i. dem AC gleich gemacht; und wenn der Laufer P = 2 tt. am Ende der fünften Abtheilung an B hängt, so kann selber einer Last auf der Schale D von 10 tt. das Gleichgewicht halten u. s. w. — Im zweyten Falle aber, wenn

die

die Arme nicht aufeinander äquirt sind, läßt sich zwar die Größe der Abtheilungen für eine richtige Schnellwage aus der Theorie des physischen Hebels herleiten, wenn Gewicht, und Schwerpunkt des Wagbalkens gegeben sind; es ist aber in der Ausübung für alle Fälle rathsamer, diese Abtheilungen durch Versuche zu finden. Die guten, und richtigen Schnellwagen fodern die genauesten Eintheilungen des Balkens. In den ungleichen Eintheilungen liegen die Betrüge, die sich bey diesen Wagen einschleichen. —

— Die Schnellwagen sind in dem Stücke den gemeinen Wagen vorzuziehen, daß man mittelst selber sehr grosse Lasten mit Hilfe eines einzigen Gegengewichtes abwiegen kann; daher braucht man sie auch gemeiniglich nur zum Abwiegen grösserer Lasten, als z. B. Hopfen, Heu u. d. gl. Sollen nun wirklich grosse Lasten damit abgewogen werden, so muß der Balken selbst mit den Zapfen, Hacken, Kette, und Scheere die gehörige Stärke haben. Gebrauch.

* Eine hieher zwar nicht gehörige Art von Wagen ist die *Federwage*, worinn eine Stahlfeder durch ein angehangenes Gewicht zusammengedrückt, und die Größe des Gewichts durch den Grad des Zusammendrückens auf einer Scale angegeben wird. Sie ist zwar bequem, aber weniger zuverläßig.

§. 94.

Eine cirkelrunde Scheibe, welche sich um eine durch ihren Mittelpunkt befestigte Achse drehen läßt, Von der Rolle.

und am Rande einen Einschnitt hat, damit ein herum geschlagenes Seile nicht abgleite, nennt man eine Rolle. — Die feste Achse heißt der Polzen, und steckt gemeiniglich in einer Hülse, welche an einem Hacken aufgehangen, oder an welche eine Last angebracht werden kann. — Wird diese Hülse an einer Wande, Mauer u. d. gl. so befestiget, daß man über der Rolle ein Seil herumschlagen, und mittelst der Potenz P an einem Ende des Seiles die am andern Ende desselben angehangene Last L in Bewegung setzen könne, so nennt man sie eine **feste, unbewegliche Rolle**; weil die Hülse ihren absoluten Ort dabey nicht verändert, z. B. wir befestigen so eine Hülse, worinn eine Rolle herumlauft, an der obern Decke eines Zimmers, um darüber mittelst eines Seiles Lampen u. d. gl. auf und abziehen zu können. — Wird aber an den Hacken der Hülse die Last L angehangen, das Seil an einem Punkte C befestiget, und dann von unten um die Rolle gewunden, um mittelst der Potenz die Last samt der Rolle über dem Seile bewegen zu können; so heißt sie eine **bewegliche Rolle**.

Taf. IV. Fig. 1.

Taf. IV. Fig. 2.

§. 95.

Von der unbeweglichen Rolle.

Taf. IV. Fig. 3.

An einer festen, oder unbeweglichen Rolle können wir uns 3 Punkte vorstellen, deren einer nemlich C ruht, an den zween Punkten A und B aber zwo Kräften L, und P so einander entgegen wirken, daß jede durch Fortziehung des Seiles die Rolle nach ihrer Seite umzudrehen strebe; so eine

feste

feste Verbindung aber heißen wir Hebel (§. 80.), und zwar Hebel der ersten Art. (§. 81.) Da sich nun dabey das Seil allemal so spannt, daß es vom Umfange der Rolle aus geradlinicht nach der Richtung der Tangenten AL und BP abgeht, so sind die Entfernungen der Kräfte vom Ruhepunkte, oder die Perpendikel aus C auf die Richtungen, CA und CB allemal Halbmesser der Rolle, also unter sich gleich, mithin muß dabey nach dem Gesetze des gleicharmichten Hebels (§. 82.) für den Fall des Gleichgewichtes die Potenz P der Last L gleich seyn, und noch etwas größer, wenn sie diese heben soll. Eben dieß findet auch statt, wenn P nach der Richtung DP wirkt. Bey jeder Richtung der Kraft wird das Seil eine Tagente der Rolle, und das Perpendikel aus dem Ruhepunkte darauf, wie CD, ist ein Halbmesser der Scheibe. — Diese Einrichtung gewährt also keinen mechanischen Vortheil weder an Kräften, noch an der Zeit. — Die Versuche an der festen Rolle, wie sie iu der 3. Figur aufgezeichnet ist, und an mehr andern, woran die Potenz nach verschiedenen Richtungen wirkt, bestättigen die Theorie.

* Sind mehrere feste Rollen vom verschiedenen Durchmesser an dem nemlichen Polzen befestiget, und werden darüber an Schnüren Gewichte aufgehangen, die sich entgegenwirken, so verhalten sie sich umgekehrt, wie ihre Distanzen vom Ruhepunkte.

§. 96.

§. 96.

Anwendung.

Wenn wir schon bey der Anwendung der unbeweglichen Rollen, die man auch Rollen der ersten Art nennen kann, keinen mechanischen Vortheil an Kraft, oder Zeit zu gewarten haben (§. vorig.); so geht doch auch nichts an selben verlohren; so weit, und geschwinde die Kraft fortgeht, so weit, und geschwinde hebt sich auch die Last; dabey sind sie doch von sehr großem Nutzen, weil hiedurch der **Widerstand der Reibung** vermindert wird (§. 71. 3.) vorzüglich aber, weil wir dadurch unsern Kräften eine bequemere **Richtung** geben können. Z. B. ein Mensch, der eine schwere Last mit freyer Hand von der Erde aufheben soll, kann dazu nicht seine ganze Kraft verwenden, weil er auch zugleich das Gewicht seines eigenen, niederwärtsgesenkten Oberleibes empor heben muß. Da aber der Mensch bey der Aufhebung einer Last mittelst der festen Rolle seiner Kraft eine solche Richtung geben kann, daß er die Last durch **abwärts** ziehen, wobey auch sein eigenes Gewicht der Last entgegenwirket, aufzuheben im Stande gesetzt werde, so wird das Aufheben desto leichter vor sich gehen. Deßwegen neigen wir unsern Oberleib allzeit niederwärts, wenn wir mittels des Seiles über einer festen Rolle **Wasser** aus einem tiefen Brunnen, oder andere schwere **Lasten** aufheben wollen. Um also schwere Lasten durch **Menschenhände**, oder **Gewichte**, durch **Pferde**, **Ochsen** oder andere Kräften, die den Lasten noch gewachsen sind, aufzuheben, wird

das

das Seil, das sie trägt, über eine feste Rolle geführt, damit Menschen, und Gewichte abwärts, die Pferde oder Ochsen aber im horizontalen Zuge, wo ihre Kräften am meisten vermögen, wirken können.

§. 97.

Da bey dem Gebrauche der beweglichen Rolle die Last an den Polzen d der selben angebracht, und das eine End des Seiles, auf welchem die Rolle beweglich ist, an einem Punkte C befestiget wird, damit die Potenz P am andern Ende des Seiles durch die Bewegung der Rolle auch die darangehängte Last bewegen könne; so kann man eine solche Rolle mit recht den Hebeln der zwoten Art beyzählen, und auch deßwegen Rollen der zwoten Art nennen; indem wir uns den Durchmesser der Rolle a d e als eine Stange, oder Linie vorstellen können, an welcher drey Punkte vorhanden sind; Potenz, und Ruhepunkt treffen auf die äußersten zween Punkte a und e, die Last aber auf den Mittelpunkt derselben d. Es findet daher bey dieser Rolle das nemliche allgemeine Gesetz wie bey den Hebeln der zwoten Art statt: $P : p = d : D$. — Sind also die zwo Schnüre, an welche Ruhepunkt, und Potenz angebracht werden, unter sich parallel; so ist die Distanz der Potenz vom Ruhepunkte dem Durchmesser a e, oder 2 Halbmessern, die Distanz der Last aber von eben dem Punkte nur 1 Halbmesser nemlich a d gleich; mithin $P : p = 1 : 2$, d. i.

Von der beweglichen Rolle.

Taf. IV. Fig. 2.

die Distanz der Potenz nochmal so groß, als die Distanz der Last von dem gemeinschaftlichen Ruhepunkte; es darf also dabey im Gleichgewichte die Potenz nochmal so klein seyn, als die Last, oder nur das Halbe von der Last seyn, $P = \frac{p}{2}$; den andern halben Theil der Last hat der Ruhepunkt zu tragen. — — Bey einer schiefen Richtung der Potenz aber z. B. von o nach p muß sie größer als das Halbe der Last seyn, weil bey dieser Richtung die Distanz der Potenz nicht mehr 2 Halbmessern, sondern der Sehne a o gleich, und daher kleiner, als in der parallelen Richtung seyn wird. —

Anwendung. Mittelst der Rolle von der zwoten Art kann man also Vortheile, oder Gewinste an Kräften erlangen, und mit 1 Pfund Kraft 2 Pfund Last halten; ein kleiner Zusatz von Kräften giebt schon eine vortheilhafte Bewegung. Doch muß bey genauer Untersuchung auch das Gewicht der Rolle mit in die Rechnung kommen. Dagegen verliert man dabey eben so viel an der Geschwindigkeit; denn wenn z. B. die Last L mit ihrer Rolle um 1 Schuhe von e bis d gehoben werden soll, so müssen die Schnüre F G, und K H jede um 1 Schuhe kürzer, mithin das ganze Seil um 2 Schuhe weiter ausgezogen werden, und die Potenz P muß einen Raum von 2 Schuhen nemlich a b und b c machen, während die Last L einen Raum von 1 Schuhe oder d e macht; so viel also bey einer beweglichen Rolle die Potenz kleiner seyn darf, als die Last, um so viel wird auch

Taf. IV. Fig. 4.

der

der Raum, oder die Geschwindigkeit, mit der die Last beweget wird, kleiner seyn, als jene der Potenz. Die Versuche mit den vorhin angezeigten und mehrern andern einfachen Rollen-Maschinen erläutern die vorige Theorie, und lehren den practischen Mechaniker seine Potenz bey dem Gebrauche beweglicher Rollen, so viel möglich, parallel anzuwenden, um mittelst selber die möglichst stärkste Gewalt auf die Last hervorzubringen.

§. 98.

Von der Verbindung mehrere Rollen.

Will man durch Rollen der zwoten Art die Potenz noch mehr, als im Verhältnisse 1 : 2 verstärken, so muß man mehrere bewegliche Rollen miteinander verbinden; so eine Verbindung mehrerer Rollen kann oder durch ein gemeinschaftliches Seil, oder durch sonderheitliche Schnüre geschehen: durch die erste Verbindungsart der Rollen entsteht der Flaschenzug, oder Kloben; durch die zwote hingegen eine besondere zusammengesetzte Rollenmaschine.

§. 99.

Vom Flaschenzuge, oder Kloben.

Ein Flaschenzug, Kloben, Polyspast ist eine Maschine, welche aus so viel beweglichen, als unbeweglichen Rollen besteht, und wovon jede bewegliche wieder mit einer unbeweglichen mittelst eines gemeinschaftlichen Seiles in Verbindung gebracht worden. — Die beweglichen sind in eine Hülse B zusammengefaßt, an welche die Last angebracht wird; gleichwie auch die unbeweglichen an so einer Hülse A, die an ei- Taf. IV. Fig. 5.

nem festen Stifte aufgehangen wird, in Verbindung stehen. Diese Hülsen heißt man gewöhnlich Flaschen; und da man mittelst dieses Rüstzeuges schwere Laste bewegen, oder ziehen kann, so nennt man die ganze Maschin zusammen Flaschenzug. — — Da die ganze Flasche A von unbeweglichen Rollen zur Verstärkung der Potenz oder zur Erleichterung der Last gar nichts beytragt, sondern nur der Potenz eine bequemere Richtung giebt (§. 95.); so kommt selbe bey der Bestimmung des Verhältnisses zwischen Potenz, und Last am Flaschenzuge gar nicht in die Rechnung. — Weil aber jede bewegliche Rolle an der andern Flasche B die Potenz gegen der Last um 2 verstärkt, so hängt die **Verstärkung der Potenz bey dieser Flasche ganz von der Anzahl ihrer Rollen ab**; es findet daher, um das Verhältniß zwischen Potenz und Last im Gleichgewichte bey so einer Flasche zu bestimmen, folgendes Gesetz statt: **Die Potenz P verhält sich zur Last p, wie die Distanz der Last d = 1 zur Distanz der Potenz D = 2 n**, d. i. 2 multiplicirt mit der Anzahl der beweglichen Rollen; da nun die doppelte Anzahl der beweglichen Rollen der einfachen Zahl der Schnüre, an denen die untere Flasche hängt, gleich ist; so dient auch das einfachere Verhältniß P : p = 1 : n oder der Anzahl der parallen Schnüre.

Die **Versuche** an Flaschenzügen von verschiedener Anzahl der Rollen bestättigen dieß Gesetz unwidersprechlich. Hieraus folgt: daß

a) die

a) die Potenz dem Quotienten aus der Last dividirt durch die Anzahl der Schnüre, oder $P = \frac{p}{n}$;

b) die Last aber dem Producte aus der Potenz und der Anzahl der Schnüre, d. i. $p = Pn$;

c) und endlich die Anzahl der Schnüre dem Quotienten aus der Last dividirt durch die Potenz, d. i. $n = \frac{p}{P}$, gleich seyn müsse; vorausgesetzt, daß alle Seile parallel sind, weil sich sonst bey der Rolle das Verhältniß der Distanzen ändert. Daraus läßt sich nun ganz leicht, wenn zwey Dinge davon bekannt sind, das dritte finden. Z. B. man hätte eine Glocke von 6 Centner oder 600 tt. mittelst eines Flaschenzuges von 15 beweglichen Rollen oder 30 parallelen Schnüren in einen Kirchenthurme aufzuziehen; man fragt, wie groß muß die Potenz dazu seyn? — Die Last von 600 tt. durch 30 dividirt giebt die Potenz = 20 tt., die Reibung der Rollen an ihren Polzen, und die Steife des Strickes als Hindernisse außer acht gesetzt, deßwegen die Potenz noch etwas größer seyn muß.

§. 100.

1. Je aus mehreren Rollen der Flaschenzug besteht, desto leichter kann man damit eine große Last in Bewegung setzen. Aber auch bey dieser Maschine findet das allgemeine Gesetz der Mechanik (§. 74.) Anwendung.

statt,

ſtatt, daß nemlich ſo viel am Raume, Geſchwindigkeit, oder Zeit verlohren gehe, als viel man an den Kräften gewinne; denn ſoll bey einem Flaſchenzuge von zwoen beweglichen Rollen, oder 4 Schnüren die Laſt L um 1 Schuh gehoben werden, ſo muß ſich jede Schnur, die ſie ſpannt, um einen Schuh, mithin das ganze Seil um 4 Schuh verkürzern, und die Kraft, die das Seil auszieht, muß 4 Schuh weit fortgehen. Man hat daher beym Gebrauche dieſer, wie aller übrigen Maſchinen, darauf achtzugeben, daß nach Umſtänden die Bewegung der Laſt weder durch eine überflüßige Menge Rollen zu langſam, noch durch Mangel derſelben mit allzugroßer Mühe erzeugt, und fortgeſetzt werden könne. — 2. Damit bey dem praktiſchen Gebrauche des Flaſchenzuges die Seile nicht aneinander kommen, und ſich reiben, müſſen in der unbeweglichen A, und in der beweglichen Flaſche B die mittern gegenüberſtehenden Rollen a und b immerzu kleiner ſeyn, als die äußern d und c. 3. Der Flaſchenzug iſt eines der bequemſten Hebzeuge beym Bauen, beym Aufziehen, und Aufheben ſchwerer Laſten, beſonders wenn der Wellbaum damit in Verbindung kömmt. Dabey hat man aber 4. zu beſorgen, daß die Schnüre ſo viel möglich unter ſich parallel ſind, und die Potenz das End derſelben von oben herabziehen könne, wie bey der unbeweglichen Rolle (§. 95.) und daß weder die Reibung der Rollen an ihren Polzen zu groß, noch die Stricke zu ſteif ſind, wodurch der Potenz ein beträchtliches Hinderniß zu überwinden zuwächſt.

Taf. IV. Fig. 6.

§. 101.

§. 101.

Von der zusammengesetzten Rollenmaschine. Taf. III. Fig. 7.

Bey den zusammengesetzten sonderheitlichen Rollen kann das eine End des Seiles an einem unbeweglichen Orte a befestiget seyn, das andere End desselben aber die untere Hälfte der Rolle x umgeben, und sodann wie eine Last an den Polzen einer andern beweglichen Rolle y bey e befestiget werden. Auf die nemliche Art werden auch die übrigen Rollen y und u durch ihre eigenen Seile bf, und cP untereinander in Verbindung gebracht. Es hat also bey der zusammengesetzten Rollen-Maschine eine jede ihre eigene festgebundene Schnur, sie wirken daher nicht gemeinschaftlich mit der Summe ihrer Kräfte zugleich, wie bey dem Flaschenzuge, sondern es wirkt dabey eine Rolle auf die andere stuffenweise so, daß die Wirkung der einen in Rücksicht der andern wieder die Stelle der Potenz vertrette, wie bey den zusammengesetzten Hebeln (§. 86.). Es findet daher dabey auch das nemliche Gesetz statt, wie bey den zusammengesetzten Hebeln, um dadurch das Verhältniß zwischen Potenz- und Last an dieser Maschine bestimmen zu können. Diesem zufolge mache man aus den einfachen Verhältnissen jeder einzelnen Rolle das zusammengesetzte Verhältniß. Z. B. bey so einer Maschine von 4 zusammengesetzten beweglichen Rollen, wie die vorige Figur vorstellt, verhält sich an einer jeden Rolle die Potenz zur Last, wie

$$\left.\begin{array}{c} 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \\ 1 : 2 \end{array}\right\} = 1 : 16.$$

mithin P : p =

Mit-

Mithin wird bey dieser Maschine von 4 Rollen eine Potenz = 1 tt. einer Last von 16 tt. das Gleichgewicht halten, wie es auch die Versuche an verschiedenen solchen Maschinen bestättigen. Mittelst eines Flaschenzuges aber von 4 Rollen kann die Potenz = 1 nur eine Last von 8 tt. im Gleichgewichte erhalten.

§. 102.

Anwendung. Bey dem Gebrauche der zusammengesetzten Rollen-Maschine wird die Potenz weit mehr verstärkt, und also schwere Lasten weit leichter gehoben, als mittelst des Flaschenzuges; doch ist auch dabey die Geschwindigkeit, oder Raum d. i. die Höhe, zu der man damit die Last erhebt, um das kleiner; indem die Last nur um 1 Zoll weiter erhoben wird, während die Potenz einen Raum von 16 Zoll machen muß. Ihre Anwendung findet daher nicht statt, wenn die Last auf eine beträchtliche Höhe zu erheben ist, und die Lasten selbst nicht vom gar zu grossen Gewichte sind. Bey schweren Lasten aber, und bey kleinern Höhen, auf die man selbe erheben wollte, hat ihr Gebrauch vor dem Flaschenzuge grossen Vorzug.

§. 103.

Von dem Rade an der Welle. Das **Rad an der Welle**, oder am **Wellbaume**, die **Radwinde**, **Haspel**, gemeiniglich auch Zug besteht aus einem Cylinder CC, der sich zugleich mit einer an ihn befestigten Scheibe KB vom

Taf. IV. Fig. 8.

grös-

größern Halbmesser, oder auch nur mit einem, oder mit mehreren Triebstäben um seine bewegliche Axe dd drehen läßt. — Wenn nun zwo Kräfte L und K, eine am Umfange des Cylinders CC, die andere am Umfange der Scheibe den Cylinder nach entgegengesetzten Richtungen um die Axe zu drehen suchen; so heißt der Cylinder CC selbst eine **Welle**, **Wellbaum**, die Scheibe KB ein **Rad**, und die ganze Verbindung ein **Rad an der Welle**. — Es ist dieß eine der einfachsten, und wirksamsten Maschinen; ihr Gebrauch besteht insgemein darinn, daß man um die Welle ein Seil windet, welches durch Umtreibung vermittelst der Potenz K weiter aufgewunden wird, und dadurch eine Last, die am Seile befestiget ist, erhebt, oder fortziehet. Bey dieser Einrichtung ist zwar die **Welle** wesentlich nothwendig, um das Seil aufzuwinden, und damit die Last zu erhöhen; das Rad selbst aber kann wegbleiben, weil die Kraft K zum Umdrehen der Welle nicht das ganze Rad, sondern nur einen physischen Halbmesser oder Arm desselben, wie oK nöthig hat. Ist aber dabey wirklich ein Rad von einer festen Materie angebracht, so kann selbes oder durch **Menschenhände**, oder durch den **Zug der Thiere**, oder durch den **Stoß des Wassers** an ihre Schaufeln, wodurch **ober- und unterschlächtige** Wasser-Räder entstehen, oder mittest einer **Schnur**, oder durch **Tretten der Menschen**, und **Thiere**, die darinn herumgehen, oder darauf tretten, im Kreise herumbewegt werden. Manchmal braucht man statt so einem

Rade

Rade die Kurbel, welche an der Axe d angebracht wird. — — Diese Welle hat nicht allzeit eine, und dieselbe Richtung, sondern steht nach Beschaffenheit des Widerstandes bald senkrecht auf dem Horizont, und heißt **Winde**; oder sie hat eine zum Horizont paralelle Lage, und wird **Haspel** genannt, der wieder oder **Hornhaspel**, oder **Kreutzhaspel** seyn kann; je nachdem dieser durch Kurbel, oder durch kreuzweis durchgesteckte Stäbe herumgetrieben wird.

§. 104.

Taf. IV. Fig. 9. Die **Winde** sowohl als der **Haspel** kann wieder als ein doppelarmichter Hebel, oder als ein Hebel der ersten Art angesehen werden; denn wenn wir den senkrechten Durchschnitt der Welle und des Rads in einerley Fläche bringen, so ist der **Mittelpunkt** c, wodurch die Axe geht, der **Ruhepunkt**, c b der **Halbmesser der Welle**, an welche die **Last** mittelst des Seiles angebrache wird, c A der **Halbmesser des Rades**, an welchem die **Potenz** wirkt; weil das Seil, woran die Last L hängt, bey b nach der Richtung der Tangente abgeht, so läßt sich allemal annehmen, daß die Last L **senkrecht** auf den Halbmesser c b wirke, und daß mithin c b, oder der **Halbmesser der Welle** die **Distanz der Last**, c A aber, oder der **Halbmesser des Rads** die **Distanz der senkrechtwirkenden Potenz** sey. Wirkt aber die Potenz schief, so ist ihre Distanz nicht mehr der Halbmesser, sondern eine halbe Sehne,

mithin

mithin kleiner, und auf diese Art auch das Moment der Potenz kleiner. — — Es folgt daher das Rad an der Welle wieder genau dem Gesetze des ungleicharmichten Hebels, oder des Hebels der ersten Art (§. 82.), gemäß welchem Potenz, und Last sich das Gleichgewicht halten, wenn P : p = d : D; da aber an diesem Rüstzeige d = r, oder dem Halbmesser der Welle; D = R, oder dem Halbmesser des Rades, so gilt nun wieder für das Gleichgewicht zwischen der senkrechten Potenz, und Last am Rade der Welle das allgemeine Gesetz: P : p = r : R. — Wenn man z. B. annimmt, der Mensch könne mit stetter Kraft 30 Pf. bewegen, wie viel Last wird er mittelst einer Winde erheben können, welche 1 Fuß dick, und der Kraftarm oder Halbmesser des Rades = 5 Fuß lang ist; es ist also der halbe Durchmesser der Welle $\frac{1}{2}$ Fuß; mithin $\frac{1}{2}$: 5 = 30 : 300 Pfund. Bey dicken Seilen, woran die Last hängt, muß in der Berechnung der Verhältnisse der Potenz, und der Last die halbe Dicke des Seiles zum halben Durchmesser der Welle addirt werden, weil die Richtung des Zuges mitten durch das Seil geht; und mit der Dicke des Seiles auch das Moment der Last wächst. — Hieraus folgt: je größer das Rad, je länger die Trieb- oder Kreuzstäbe, oder die Kurbel gegen den Halbmesser der Welle sind, desto leichter kann die Last bewegt werden; hingegen wachst auch wie bey den Hebeln mit der Leichtigkeit so einer Bewegung der Verlurst an der Zeit, oder an der Ge-

Aufgabe.

 schwin-

schwindigkeit; denn da die Potenz einmal die Peripherie des Rades durchlauft, wird das Seil ebenfalls einmal um die Welle umgewunden, und die Last um die Peripherie der Welle fortbewegt; je größer daher das Rad, und je kleiner die Welle, desto kleiner ist der Raum, oder die Geschwindigkeit der in gleichen Zeiten mit dem Rade fortbewegten Last. Wenn sich also z. B. die Peripherie des Rades zu jener der Welle, wie 10 : 1 verhält, so muß die Potenz in der nemlichen Zeit einen Raum von 10 Schuhen machen, in welcher die Last einen Raum von 1 Schuhe macht, oder nur um einen Schuh fortbewegt werden kann. — Zur bessern Erläuterung zeigen wir die verschiedenen Wellbäume in Modellen vor, und beweisen an selben, wie durch die Verlängerung des Triebstabes die Potenz vermehret werde.

§. 105.

Anwendung.

Der Gebrauch dieser Maschine findet am vortheilhaftesten statt, wenn damit der Flaschenzug in Verbindung kommt, bey Gebäuden, Bergwerken, Brunnen, und auf Schiffen die Anker zu heben, und überhaupt schwere Laste auf größere Höhen zu bringen, als wir das mittelst des gemeinen Hebels bewirken können. Es wird also durch die Welle, welche durch das Aufwinden des Seiles der Last alle Augenblicke einen neuen Halbmesser, oder neuen Hebel in den Weg bringt, und also unaufhörlich hebt, und fortzieht, bis das Seil völlig aufgewunden ist, einer Hauptunbequemlichkeit,

die

die beym Gebrauche der Hebel unvermeidentlich ist, abgeholfen. Die Winde wird vorzüglich beym Krahne gebraucht, wodurch man auch mit Hilfe des Flaschenzuges grosse Lasten an schiffreichen Wässern in und aus den Schiffen heben kann. — — Im kleinen hat sie noch verschiedenen andern Nutzen, und Anwendung: der vorzüglichste, der hieher gerechnet wird, ist, daß wir durch eine schickliche Anwendung dieser Walze die Gleichförmigkeit der Bewegung bey gespannten Federn z. B. an Uhren, erhalten können; denn da eine gespannte Feder sich am Anfange sehr stark, in der Folge aber immerzu schwächer bewegt, so richtet man die Walze, oder Welle, wie eine Schnecke ein, so, daß die Schnur, oder Kette, die durch die Feder bewegt wird, sich anfangs über die kleine Peripherie der Schnecke, bey dem Nachlassen aber immer über einen grössern Gang sich legen muß, und durch den Wachsthum des Halbmessers der Schnecke die vergrösserte Distanz der Potenz das wieder ersetze, um was die Potenz selbst immer schwächer wird.

§. 106.

Ein Rad ist, wie die Rolle, eine runde Scheibe, die an ihrer Axe beweglich ist; der äußere Umfang aber, anstatt wie die Rolle ausgeschnitten zu seyn, ist oder flach, oder mit Zähnen besetzt. — Die Räder bewegen sich auf eine zweyfache Art: entweder bewegen sie sich beständig an einem und dem nemlichen Orte herum, und zwar mittelst einer Von den Rädern.

am Mittelpunkte befestigten Achse, deren Zapfen in Löchern herumgehen, die zur Unterstützung dienen, wie bey den Uhren, Mühlen, u. s. w. und diese heißt man **Räder der ersten Art**; oder sie rollen auf ihren Peripherien so fort, daß sie auch den Mittelpunkt ihrer Bewegung samt der Achse mit fortführen nach einer parallelen Richtung mit der Fläche, worauf sie fortrollen, wie z. B. die **Wagen**- und **Karrenräder**; diese nennt man **Räder der zwoten Art**. — Die **Räder der ersten Art** also haben nur eine einfache Bewegung, nemlich bloß um ihren Mittelpunkt; die **Räder der zwoten Art** aber eine doppelte, nemlich eine um ihren Mittelpunkt, und die beständige Bewegung des Mittelpunktes selbst.

§. 107.

Von den Rädern der ersten Art.

Die Räder der ersten Art, welche gemeiniglich an ihrer Peripherie mit gleichweit von einander stehenden Zähnen oder Kämmen besetzet sind, erhalten nach der verschiedenen Gestalt, und Lage der Zähne verschiedene Benennungen: liegen sie in der Fläche des Rades selbst nach den Richtungen der Halbmesser, so heißt man sie **Stern**- oder **Stirnräder**; — sind aber diese Zähne oder Stäbe an der Peripherie des Rades so eingesetzt, daß sie mit selber einen Winkel machen, so heißen sie **Kamm**- oder **Kronräder**. Alle diese Räder nennt man bezahnte, oder Zahnräder. — Die Zähne oder Kämmen der Räder greifen in Vertiefungen der cylin-

Taf. IV. Fig. 10.

dri-

drischen Wellen D, welche daher an ihren Seitenflächen der Länge nach Erhöhungen, und Vertiefungen bekommen, und dieser Gestalt Getriebe, oder Trillinge genannt werden. Hieraus erklärt sich die Benennung Zahn, und Getriebe, die man den zusammengesetzten Räderwerken im Allgemeinen beylegt.

§. 108.

Wenn durch die Mitte des Rades D ein Cylinder, oder eine Welle AB befestiget wird, an der man ein Seil aufwinden, und eine damit verbundene Last L in Bewegung setzen kann; so stellet uns so eine Maschine das Rad an der Welle vor; die Last, welche an der Welle B, und die Kraft, welche an dem einem Ende des Zahns vom Rade angebracht ist, stehen miteinander, in dem nemlichen Verhältnisse, wie bey dem Rade an der Welle; es beruht daher ihre mechanische Gewalt auf dem nemlichen Gesetze: P : p = r : R = ab : bc (§. 104.). — Bey dieser einfachen Vorrichtung aber ist das Zahnrad gar nicht nothwendig, sondern ihre Stelle vertritt bequemer die Kurbel, oder Handhebe vom nemlichen Halbmesser. Es wird aber so ein Zahnrad D in der Absicht mit der Welle in Verbindung gebracht, damit selbes in die Vertiefungen eines Getriebes E, das mittelst der Kurbel P umgedrehet wird, eingreife, und in dieser Verbindung ein Zahn, und Getriebe, ein Räderwerk, eine Rädermaschiene vorstelle, die aus zwey Rädern, an zwo Wellen zusammengesetzt ist; nemlich aus

Taf. IV. Fig. 11.

Taf. IV. Fig. 12.

der

der Kurbel P, welche die Stelle eines Rades vertritt, und aus dem Rade D; aus der Welle, oder dem Getriebe E, und aus der Welle A, woran das Seil mit seinem Laste L hangt. — Wird die
Taf. IV. Fig. 13. Welle AB des größern Rades D wieder mit einem Getriebe F versehen, in dessen Zähne ein zweytes größers Zahnrad C einbeißt, welches an seiner Welle GH das Seil mit der Last L aufwinden muß, so entsteht eine Rädermaschine, die aus drey Rädern P, D, C an den drey Wellen E, F, G zusammengesetzt ist. — Auf solche Art werden Räderwerke von noch mehrern Rädern zusammengesetzt, und so miteinander in Verbindung gebracht, daß immerzu die Wirkung, welche die Potenz P mittelst der Kurbel an dem Getriebe E hervorbringt, wieder als Potenz mittelst des Rades D auf das Getrieb F wirke; die Wirkung am Getriebe F aber wieder als Potenz mittelst des Rades C auf ein anders Getriebe, oder auf die Welle G wirke u. s. w. bis endlich durch diese zusammengesetzten Kräften an der letzten Welle die Last aufgewunden werde. — Aus der ganzen Construction dieser Räderwerke ist es gar nicht schwer einzusehen, daß die Potenz durchgehends mittelst der Räder, durch welche die Getriebe oder die Wellen umgedreht werden, wirke, daß mithin im Gleichgewichte an einem Räderwerke, wie bey den zusammengesetzten Hebeln (§. 86.) die Potenz zur Last sich verhalte, wie das Produkt der Halbmesser aller Getriebe, zum Produkte der Halbmesser aller Räder, d. i.

P :

P : p = rr : RR. — Daraus folgt, daß erstens an einem Räderwerke, wie vorige Figur, von 2 Rädern, 1 Kurbel, und 3 Wellen, oder Getrieben, an der sich die Halbmesser der Getriebe zu jenen der Räder und Kurbel, wie 1 : 4 verhalten, das Gleichgewicht erhalten werde, wenn P : p = 1 x 1 x 1 : 4 x 4 x 4 = 1 : 64. Man kann auch das Verhältniß der Kräfte an einem jeden Rade, und Getriebe insbesondere berechnen: $P : p = \left.\begin{matrix} 1:4 \\ 1:4 \\ 1:4 \end{matrix}\right\} = 1:64.$

Mithin wird die Potenz oder Gewicht von einem Loth durch so ein Räderwerk einem Gewicht von 64 Loth, oder 2 Pfunden das Gleichgewicht halten. Damit stimmen auch die Versuche an eben diesem Räderwerken übereins. Zweytens so wie man aber mit 1 Loth Kraft 64 Loth Last erhalten kann, so muß bey wirklicher Bewegung die Kraft durch 64 Schuh gehen, während die Last um 1 Schuh bewegt werden soll. Man verliert daher auch hier am Raume, und Geschwindigkeit, was man an Kraft gewinnt.

§. 109.

Da sich die Umläufe oder Revolutionen der Räder zu den Umläufen der Getrieben, oder ihre Geschwindigkeiten gegeneinander in der nemlichen Zeit ebenfalls auch verkehrt, wie ihre Halbmesser verhalten (denn die Umläufe, Räume, oder Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten sind wie die Kräfte) so folgt nothwendig, daß ein Getriebe in der nemli- Aufgaben.

nemlichen Zeit, in der ein Rad einmal herumlauft, sich so oft um seine Achse drehe, als oft sein Halbmesser in dem Halbmesser des Rades enthalten ist; oder (weil die Halbmesser, wie die Peripherien, und diese wie die Anzahl der gleichweit voneinanderstehenden Zähne) als oft die Anzahl der Zähne des Getriebes in der Anzahl der Zähne des Rades enthalten ist. Nenne ich also die Umlaufe oder Geschwindigkeit des Rades = A, und jene des Getriebes = a; den Halbmesser, oder die Anzahl der Zähne des Getriebes = r, und jene des Rades = R: so entsteht wieder folgendes Verhältniß: A : a = r : R, in welchem die nachstehenden Aufgaben ihre Auflösung finden.

1. Aufgabe. Man soll aus der gegebenen Anzahl der Zähne eines Rades, und eines Getriebes die Umläufe, oder Geschwindigkeit eines Getriebes zu jener eines Rades finden.

Auflösung. Z. B. die Anzahl der Zähne, oder Stäbe des Getriebes r sey gleich = 6, und jene des Rades R = 48, so wird A : a = 6 : 48; oder da A = 1, wird 6 : 48 = 1 : x seyn, mithin $x = \frac{48}{6} = 8$, oder der Quotient aus der Anzahl der Zähne des Rades dividirt durch die Anzahl der Stäbe des Getriebes die Geschwindigkeit des Getriebes = 8, zu jener des Rades = 1 geben. — Bey den Verbindungen von mehrern Rädern giebt das Produkt aus den gefundenen Quotienten die Geschwindigkeit des

letztern

letztern Getriebes zu jener des erstern Rades. Z. B. es greife ein Rad von 156 Zähnen in ein Getriebe von 6 Stäben; an der Welle dieses Getriebes sey ein Rad von 72 Zähnen, welches wieder in ein Getriebe von 6 Stäben eingreift; wie verhält sich also die Geschwindigkeit dieses letztern Getriebes zu jener des erstern Rades? $\frac{156}{6} = 26$; $\frac{72}{6} = 12$; mithin $26 \times 12 = 312$ verhält sich die Geschwindigdes letztern Getriebes zu jener des erstern Rades, wie 312 : 1.

2. Aufgabe. Man soll aus der gegebenen Geschwindigkeit des Rades, des Getriebes, und der Anzahl der Zähne im Rade, die Anzahl der Stäbe im Getriebe; oder aus der der gegebenen Anzahl der Zähne im Getriebe, die Anzahl der Zähne im Rade suchen.

Auflösung. Z. B. die Geschwindigkeit des Rades von 156 Zähnen verhält sich zu jener des Getriebes, wie 1 : 26. Mithin wird $a : A = R : r$, oder

$$26 : 1 = 156 : x \text{ seyn; deßwegen}$$
$$x = \frac{156}{26} = 6 \text{ d. i. man findet aus}$$

den vorhingegebenen die Anzahl der Stäbe im Getriebe, wenn man die Anzahl der Zähne des Rades durch die Geschwindigkeit des Getriebes dividiret. — Sucht man aber aus den 3 gegebenen die Anzahl der Zähne des Rades, so wird

$A : a = r : R$, oder
$1 : 26 = 6 : x$ seyn; deßwegen
$x = 26 \times 6 = 156$ d. i.

Man findet aus den vorhin gegebenen die Anzahl der Zähne im Rade, wenn die Geschwindigkeit des Getriebes mit der Anzahl seiner Stäbe multiplicirt wird.

* Die Resultate aus den Erfahrungen an verschiedenen Rädermaschinen bestättigen die obigen Auflösungen der Aufgaben handgreiflich.

§. 110.

Anwendung. Die Räderwerke, Rädermaschinen dienen eben so, wie das Rad am Wellbaume erstens die Bewegung mit sehr leichter Mühe, und weiter fortzuführen, oder größere Lasten zu erheben, als wir das mittelst der Hebel im Stande wären; denn die Kraft findet daran an jedem eingreifenden Zahne des Rades einen neuen Hebel, auf welchen sie in senkrechter Richtung wirkt. — Die Leichtigkeit, oder der Gewinnst an Kräften bey der Bewegung der Lasten aber mittest eines Räderwerkes wird nach der vorigen Theorie desto größer seyn, je größer der Halbmesser, und je größer die Anzahl der Räder, und je kleiner die Halbmesser der Getriebe sind. Doch leidet die Theorie des Räderwerkes in der Anwendung Ausnahmen wegen des Reibens, dem die Zapfen an den Achsen der Räder, und Getriebe, in den Zapfen-Löchern, wor-

inn sie liegen, unterworfen sind, und wegen des Klemmens, der Zähne, und der Kämmen aneinander: das letztere kann man doch größtentheils vermeiden, wenn man die Zähne und Stöcke so bildet, daß sie sich aneinander nicht schieben, sondern wälzen. Doch dient ein allzusehr zusammengesetztes Räderwerk nicht wohl zur Erhebung grosser Lasten, theils weil es kostbar ist, theils auch weil beym Wirken der Maschine die ganze Last auf einen einzigen Zahne, und Stabe ruht, welche daher viel leiden. Inzwischen findet man beym **Leupold** (theatr. Machin) u. a. praktischen Schriftstellern mancherley Hebzeuge, Krahne, u. d. dl. mit **Räderwerk**. — Sehr bekannt ist die **Winde** der Fuhrleute, bey der man mit einem Kurbel ein Getriebe umtreibt, das in eine bezahnte Stange eingreift, dieselbe hebt, und dadurch die Achse eines Wagenrades, unter welche die Winde gestemmet wird, in die Höhe bringt. Hiebey dienen die Zähne dazu, das Getriebe mittelst der Stange mit der Last zu verbinden, und die Stelle des Rades vertritt die Kurbel. Es wird also bey dieser Winde die **Potenz** in dem **Verhältnisse verstärkt**, in welchem sich der Halbmesser des Getriebes, und die Länge der Kurbel befinden. Ist z. B. die Kurbel 8mal so lang, als der Halbmesser des Getriebes, so kann die Winde mit 1 Centner Kraft 8 Centner Last erhalten. — Eben diese Bewandtniß hat es mit den **Kreuzwinden**, durch welche die Kolbenstangen der Luftpumpen aus und eingewunden werden. — Bey der doppelten Winde

de der Fuhrleute greift das erste Getriebe in ein Rad, an dessen Axe ein zweytes erst in die bezahnte Stange greifendes Getriebe steckt. Hiebey ist eine wirkliche Zusammensetzung zweyer Räder, und die Verstärkung der Kraft ansehnlicher. **Zweytens aber**, und das **weit öfters** insbesondere bey allen **Mühlen**, und **Uhrwerken** wird ein zusammengesetztes Räderwerk in der umgekehrten Absicht gebraucht, nemlich um durch eine **starke**, aber **langsame Kraft** Bewegung mit **großer**, oder mit **regelmäßiger Geschwindigkeit** hervorzubringen. In diesem Falle bringt man die **Potenz** so an, daß sie eine Welle in Bewegung setzt, deren Rad in das Getriebe eines zweyten greift u. s. w. So treibt das Wasser vermittelst des **Mühlrades**, der Wind vermittelst der **Mühlenflügel** u. s. w. die Mühlwelle um, deren Kammrad einen Trilling von wenig **Stöcken** sehr schnell drebt, und dadurch den daraufstehenden Mühlstein, oder Läufer in eine sehr geschwinde Bewegung setzt. — — Eben so drebt das Gewicht der **Uhr** die **Welle** des **Minuten Rades**, welches z. B. mit 80 **Zähnen** in ein **Getriebe** von 8 **Stöcken** greift, und dadurch das **Mittelrad** von 48 **Zähnen** umtreibt, welches wieder in ein **Getriebe** von 8 **Stöcken** greift, und dadurch das **Kronrad** von 48 **Zähnen** treibt. Dieses Kronrad greift in ein Getriebe von 48 **Stöcken**, an dessen Achse das **Steigrad** von 15 **Zähnen** steht. Dieser Einrichtung zufolge lauft das **Minuten Rad** einmal herum, indem das **Steigrad** als das schnel-

leste,

leſte, $\frac{80.\ 48.\ 48}{8.\ 8.\ 24} = 10 \times 6 \times 2 = 120$mal umlauft. Iſt nun das Pendel ſo angebracht, daß nur alle zwo Secunden ein Zahn des Steigrades fortgelaſſen wird, ſo dauert jeder Umlauf deſſelben (weil es 15 Zähne hat) 30 Secunden, oder eine halbe Minute; es verrichtet alſo ſeine 120 Umlaufe in 60 Minuten, oder in einer Stunde. Die Welle des Minuten-Rades wird daher gerade in einer Stunde ſich umdrehen, und in eben dieſer Zeit den an ihr ſteckenden Minutenzeiger einmal auf dem Zifferblatte herumführen. So dient hiebey das Räderwerk zur Erhaltung einer Bewegung von beſtimmter Geſchwindigkeit. — — — Der Gebrauch ſolcher Räderwerke findet nur dort ſtatt, wo **Ueberfluß an Kräften** vorhanden, die ein größers Zahnrad in Bewegung ſetzen, und durch einmaliges Umdrehen ein kleines Getriebe von wenigern Stäben ſo oft herumlaufen macht, **als oft die Anzahl dieſer Stäbe in der Anzahl der Zähne des Rades enthalten** d. i. **deſto öfter, und alſo geſchwinder, je größer die Anzahl der Zähne, oder Halbmeſſer des Rades, und je kleiner die Anzahl der Stäbe oder der Halbmeſſer des Getriebes iſt.** — **Drittens**, kann man auch Räder ohne Zahn, und Getriebe durch eine Schnur ohne Ende d. i. durch eine zuſammengebundene Schnur in Verbindung bringen, die um ihre Peripherien gelegt, und ſtark angeſpannt wird, wie Fig. 14.; wenn alsdann das groſſe Rad einmal umgedreht wird, ſo lauft das kleine oder

Taf. IV. Fig. 14.

oder der Würtel so vielmal um, als vielmal sein Halbmesser in dem Halbmesser des großen enthalten ist. Davon machen vorzüglich die Seiler in ihrer Werkstätte Gebrauch.

* Vorgezeigte Modelle erläutern die Theorie, und den Gebrauch der Rädermaschinen handgreiflich.

§. 111.

Von den Rädern der zwoten Art beym Fuhrwerke.

Die Wagen und Karrenräder können mit Grunde zu den Hebeln der zwoten Art gerechnet werden, die sich so oft wieder herstellen, als man sich Punkte an der Peripherie des Rades vorstellen kann. Sie sind zwar wichtige Hilfsmittel, um mit geringer Kraft große Lasten fortschaffen zu können; doch machen die starken Reibungen sowohl an ihren Axen, als über der Fläche die Wirkung unvollkommner, als sie ohne beydes seyn würde. — Große Räder eines Fuhrwerks füllen die Ungleichheiten der Wege weniger aus, als kleinere, sie drehen sich dabey nicht so oft um ihre Axe, und bewegen sich also mit minderer Reibung; es geht daher das Fuhrwerk allemal leichter, je höher die Räder sind. Aus dem nemlichen Grunde wird ein Wagen auch leichter gezogen, der mit 4 grossen Rädern beschlagen ist, die gleichhoch sind, als wenn zwey derselben kleiner sind. — Werden aber die Räder ungleich gemacht des leichten Umwendens willen, z. B. bey Kutschen, so kann die Last leichter fortgezogen werden, wenn man sie auf die Axe der größern Räder

der lädt. Sind die Flächen der Peripherie der Räder zu breit, so wird dabey auch der Widerstand der Reibung beträchtlicher, mithin mit selben die Last härter zu bewegen.

* Diese Theorie wird durch Versuche, die man mit kleinen Wäglein, und daran gehängten Gewichten macht, bestättiget. Indessen ist diese Wagen-Theorie im ganzen unter allen Maschinen noch am wenigsten aus mechanischen und physischen Gründen erläutert worden, um daraus die vortheilhafteste Bauart in allen ihren Theilen, das beste Verhältniß in ihrer Zusammensetzung näher bestimmen zu können, damit diese so nutzbaren, und nothwendigen Maschinen nicht nur ihre hinreichende Stärke in allen ihren Theilen, sondern auch eine sichere und leichtere Bewegung samt ihren aufgelegten Lasten auch bey den verschiedenen Beschaffenheiten, und Richtungen der Wege erhalten könnten. Um so eine gegründete Theorie, die uns für das ganze Fuhrwesen nicht geringe Vortheile verspricht, näher zu berichtigen, hat die Churfürstliche Akademie der Wissenschaften in München im Jahre 1793 darüber eine Preisfrage vorgelegt.

§. 112.

Von der schiefen Fläche.

Wenn eine Fläche in ihrer Stellung eine solche Richtung hat, daß sie mit dem Horizont einen spitzigen Winkel macht, so heißt sie eine schiefe oder schiefliegende Fläche (§. 48.), die mehr oder weniger schief seyn kann, je nachdem der Winkel ist,

wel-

welchen die Fläche macht. — So eine aus fester Materie gemachte schiefe Fläche dient dazu, um schwerere Lasten mit leichterer Mühe in die Höhe zu ziehen. Sie kann daher mit Recht zu den **Maschinen** im engern Verstande (§. 73.) gezählet werden. Nur kömmt es bey dem Gebrauche dieser Maschine darauf an, nach welcher Richtung die auf der schiefen Fläche liegende Last von der Potenz gezogen werde. Entweders ist diese Richtung mit der schiefen Fläche, oder mit der Grundfläche derselben gleichlaufend. Im ersten Falle heißt sie eine **schiefe Fläche der ersten Art**; im andern Falle aber der **zweyten Art**.

§. 113.

Um die Wirkung der Potenz und Last gegeneinander auf dieser Maschine allgemein zu bestimmen, hat man vorzüglich darauf Bedacht zu nehmen, was ich beym **Falle auf vorgeschriebenen Wegen** (§. 48.) voraus angemerkt habe, daß nemlich ein schwerer Körper, der auf einer schiefen Fläche herabgeht, von ihr zum Theil unterstützt werde, und dieses um desto mehr, je größer die Inklination der Fläche ist; daß er mithin nicht mit seiner ganzen Schwere, sondern nur mit einem Theile derselben herabzufallen trachte. Es ist also auch nicht nöthig, daß die Potenz, welche auf der schiefen Fläche der Last das Gleichgewicht halten soll, so groß sey, als die ganze Schwere der Last selbst, sondern ist hinlänglich zum Gleichgewichte beyder Kräfte, wenn die

die Potenz genau so groß, als das respektive Gewicht der Last ist, mit dem sie sich überlassen über die schiefe Fläche hinabfallen würde; denn der übrige Theil des absoluten Gewichtes wird von der schiefen Fläche getragen.

§. 114.

I. Auf der schiefen Fläche der ersten Art, wo der Zug Ao der Potenz P mit der Fläche AB gleichlaufend, ist für den Fall des Gleichgewichtes die Potenz P zur Last wie die Höhe AC der schiefen Fläche zur Länge AB derselben, d. i. $P : p = A : L$, mithin $P = \frac{pA}{L}$, wo A die Höhe, und L die Länge der schiefen Ebne bedeutet. Denn die Potenz muß im Gleichgewichte dem respektiven Gewichte gleich seyn, das respektive Gewicht aber verhält sich zum absoluten Gewichte, wie die Höhe zur Länge (§. 48. IItes Gesetz). Es darf daher bey diesen schiefen Flächen die Potenz gegen der Last desto kleiner seyn, je kleiner die Höhe, und je größer die Länge der schiefen Fläche ist: wir gewinnen also bey dem Gebrauche dieser Maschinen an Kräften. Taf. V Fig. 1.

Versuch. Auf einer schiefen Fläche der ersten Art, dessen vertikale Höhe zur Länge, wie 1 : 2 sich verhält; ist die Potenz = 1 tt. mit einer Last = 2 tt. schon im Gleichgewichte; weil $P : p = 1 : 2$, mithin $P = \frac{p}{2}$. Es darf also in diesem

sem Falle die Potenz nur das Halbe der Last seyn, um ihr das Gleichgewicht zu halten.

Taf. V. Fig. 2. II. Auf der schiefen Fläche der zwoten Art, wo der Zug Ao der Potenz P mit der Grundfläche CB gleichlaufend ist, halten sich Potenz und Last das Gleichgewicht, wenn sich jene zu dieser, wie die Höhe AC zur Grundfläche CB der schiefen Ebne verhält; d. i. wenn P : p = A : B; mithin $P = \frac{pA}{B}$, wo A die Höhe und B die Grundfläche oder Basis der Ebne anzeigt. Es darf also auch bey dieser schiefen Ebne die Potenz bey dem Gleichgewichte mit der Last desto kleiner seyn, je kleiner die Höhe, und je größer die Grundfläche der Ebne ist; denn je kleiner die Höhe und je grösser die Grundfläche ist, ein desto größerer Theil der Last wird von der Grundfläche getragen; mithin darf die Potenz um das destoweniger Last auf der Ebne erhalten.

Versuch. Ein Pfund hält auf so einer Ebne einer Last von 2 Pfunden das Gleichgewicht, wenn sich ihre Höhe zur Grundfläche, wie 1 : 2 verhält. Es darf also auch in diesem Falle die Potenz nur das Halbe von der Last seyn, um ihr das Gleichgewicht zu halten. Auch diese Maschine verspricht uns Vortheile an Kräften, obwohl diese Vortheile dabey kleiner sind als bey der schiefen Fläche der ersten Art; denn bey dieser wirkt die Potenz ganz

dem

dem respektiven Gewichte der Last entgegen, und braucht also nur so groß als dieses zu seyn: bey jener aber muß sie größer seyn; weil sie nebenbey auch dem Druck der Last gegen der Fläche in horizontaler Richtung entgegenwirken muß. — — So viel wir aber auch bey diesen Maschinen an Kräften gewinnen, so groß ist der Verlurst am Raume und an der Geschwindigkeit oder Zeit; denn je kleiner die Höhen der schiefen Flächen, und je größer die Längen und Grundflächen sind, desto leichter wird eine Last darüber hinaufbewegt: hingegen wird eben auch der Raum oder die Höhe um das kleiner seyn, auf die wir die Last hinaufbringen, oder bey einer längern Fläche die Zeit desto größer seyn müssen, in welcher die Last hinaufgezogen wird.

* In der Ausübung macht das Reiben beträchtliche Ausnahmen von dieser Theorie; doch fällt es größtentheils weg, wenn die Last eine Kugel oder Walze ist; weil sie sich alsdann auf der Fläche nicht schiebt, sondern rollt. In andern Fällen aber z. B. wenn die Last ein Parallelepipedum ist, richtet sich sein Reiben nach der Größe des Druckes gegen die Fläche. Dieses Reiben verhindert ihn zu fallen; wenn gleich die Fläche ein wenig schief ist, bis endlich der Winkel so groß wird, daß das respektive Gewicht der Reibung gerade gleich ist. Dieser Winkel heißt der Ruhewinkel: er zeigt, wie sich das Reiben zum Drucke verhalte.

§. 115.

Anwendung.

Die Anwendung der schiefen Fläche ist in manchen Fällen überaus nützlich, vorzüglich Lasten in die Höhe zu heben, oder auch von dieser herabzulassen, da man durch ihre Hilfe bey weiten keine so große Kraft nöthig hat, als erfoderlich seyn würde, wenn man die Last gerade in die Höhe ziehen oder herunterlassen wollte, besonders wenn bey gleichen Längen die Höhe der Ebne kleiner, und bey gleichen Höhen die Längen größer sind, und wenn die Potenz mit der schiefen Fläche gleichlaufend angebracht wird. So zieht z. B. die Winde das Schiff auf einen schrägen Boden herauf. Mit ihrer Beyhilfe werden Lastwägen, und Schiffe geladen und entladen u. d. gl. Bisweilen wird auch die Fläche selbst fortgeschoben, um eine Last, die anders nicht ausweichen kann, dadurch zu erheben, daß man nach und nach immer höhere Theile unter sie bringt. Auch dient sie unter andern bey gesunknen Balken an Gebäuden, um solche mit geringerer Kraft wieder recht zustellen.

§. 116.

Von dem Keile.

Auf die Theorie von den schiefen Flächen gründen sich übrigens die Theorien des Keils und der Schraube.

Der Keil ist ein aus harter Materie gemachtes Instrument, das eine breite Grundfläche oder Rücken, und zwo flache in eine Schneide oder Schärfe

zusam=

zusammengehende Seiten hat. — — Der Keil ist einfach, wenn die eine Seite CB mit der Grundfläche AB einen rechten Winkel macht; oder an dem die drey Seiten ein rechtwinklichtes Dreyeck bilden: doppelt aber wenn beyde Seiten AB und BC von der Grundfläche AC aus in eine Schneide oder Schärfe sich endigen. Taf. V. Fig. 3. Taf. V. Fig. 4.

§. 117.

Der einfache Keil wird gewöhnlich dazu gebraucht, um durch Fortschieben seiner Flächen AB und BC eine auf der Fläche AB befindliche Last, die anders nicht ausweichen kann, immerzu dadurch zu erheben, daß man nach immer eine höhere Base unter sie bringt. Ein solcher Keil ist eine schiefe Fläche, deren Höhe AC die Breite oder Dicke des Keiles, und deren Grundlinie BC die Länge des Keiles genannt wird. Die Potenz wirkt auf die Breite des Keils senkrecht nach der Richtung BC. — — Der doppelte Keil aber, der auch der üblichste ist, und hauptsächlich dazu dient, feste Körper zu trennen, als der Keil zum Holzspalten, unsere Axten u. s. f. besteht aus zween der Länge nach vereinigten einfachen Keilen, oder aus zwo gleichen schiefen Flächen ABD und CBD, die an ihren Grundflächen BD aneinander gefügt sind. Die doppelte Höhe der beyden schiefen Flächen AD und DC nennt man im doppelten Keile die Breite oder Dicke desselben. Die zwo Grundflächen, an denen die zwo schiefen Ebnen zusammgesetzt sind, nämlich BD nennt man

Vom einfachen Keile.

Vom doppelten Keile.

man die Länge des Keils. Die **Potenz** wirkt auch bey diesem Keile auf dessen Breite senkrecht nach der Richtung DB; die Last ist aber der Widerstand vom Zusammenhange der zu trennenden Theile. Da der einfache sowohl als der doppelte Keil aus schiefen Flächen der zwoten Art besteht, worauf die Wirkung der Potenz mit der Grundfläche der Ebne oder Länge des Keils gleichlaufend ist, so findet dabey im Gleichgewichte auch das nämliche Verhältniß zwischen Potenz und Last wieder statt, wie bey der schiefen Ebne der zwoten Art (§. 114. II.) die Potenz zur Last wie die Höhe zur Grundfläche oder $P : p = A : B$. Weil aber beym Keile A die Dicke, B aber die Länge desselben vorstellt, so muß sich an dem Keile, um das Gleichgewicht zu bekommen, die Potenz zur Last verhalten, wie die Breite oder Dicke zur Länge derselben oder, wenn A die Breite und B die Länge anzeigt: $P : p$
Versuch. $= A : B$, mithin $P = \frac{pA}{B}$. Folgender **Versuch** giebt einen Beweis davon. Vermittelst eines hiezu eingerichteten Instruments findet man, daß bey einem Keile, dessen Breite oder Dicke von 4 Zoll und dessen Länge von 8 Zoll war, das Verhältniß der Kraft zur Last im Falle des Gleichgewichtes, wie 1 : 2 sey, oder daß eine Potenz = 1 tt. eine Last oder einen Widerstand von 2 tt. das Gleichgewicht halte. Daraus folgt nun

1) daß man sich des Keiles mit Vortheile oder Gewinnst an Kräften bedienen könne, und

2) daß

2) daß diese Kraft, oder die Potenz am Keile desto grösser seyn müsse, je grösser die Last, oder der Widerstand des Zusammenhanges, je grösser die Breite des Keils, und je kleiner die Länge desselben ist; daß endlich

3) mit dem Gewinnste an Kräften der Raum der Bewegung, wie bey allen übrigen Maschinen, wieder abnehme; denn je kleiner die Breite des Keiles, mithin je grösser der Gewinnst an Kräften, desto kleiner ist die Höhe der erhobenen Last, oder der Abstand der voneinander getriebenen Theile.

§. 118.

Der Gebrauch des Keiles ist nicht nur im gemeinen Leben, sondern auch bey den Künsten einer der vortheilhaftesten. Zu dieser Maschine gehören alle Nadeln und Nägel, schneidende Werkzeuge, was Art sie immer sind, die Axt und das Beil des Holzhauers, die Pflugschaar des Landmanns, der breite und hohle Meissel des Bildhauers, alle Arten von Lanzeten und Inzisionsmessern der Wundärzte u. s. w. Er dient schwere Lasten aufzuheben, fest zusammhangende Körper zu spalten, oder auch durch Drucke zusammzupressen. Um dieß zu bewerkstelligen, wirkt die Potenz auf die Breite des Keiles manchmal durch Druck: die Keile sind daher auch vorzüglich bey Gewölben anwendbar, wo der Druck des Keils hauptsächlich in Betracht kömmt; grösserntheils aber, und vor- Anwendung.

zůglich

züglich bey einem stärkern Zusammenhange der zu spaltenden Theile durch Stösse, oder Hammerschläge, wodurch die Kraft des Keiles um viel verstärkt wird; weil er dadurch eine grössere Geschwindigkeit erhält. Da aber weder die größe des Schlages oder Stoffes, noch die Grade der vorhandenen Reibung genau bestimmt werden können, so kann dasjenige, was allenfals die Theorie vom Keile lehrt, selten bey dessen Gebrauche angewendet werden.

§. 119.

Von der Schraube.

Eine Schraube ist ein Cylinder, um welchen sich eine gleichgeneigte schiefe Fläche in Gestalt einer Spirallinie längs der Achse dieses Cylinders herumdreht. — Es giebt an einer jeden Schraube zwey Stücke zu betrachten: das **Gewinde**, und der **Gang** desselben; das Gewinde ist die schiefe Fläche selbst, die um den Cylinder herumgewunden hervorragt; der Gang aber ist die Entfernung, welche das eine Gewinde von dem nachfolgenden absondert. — Wenn man ein Schraub-Gewinde mit ihrem Gange als eine schiefe Fläche betrachtet, so zeigt jedes **Gewinde** die Länge der schiefen Fläche, der Gang aber, oder die Entfernung zweyer Gewinde ihre Höhe an. — Man kann sich den Begriff von der Entstehung einer Schraube deutlicher machen, wenn man um einen Cylinder von Papier verfertigte rechtwinklichte Dreyecke, oder schiefe Flächen adb, bdc u. s. w. der Länge nach herumwickelt, wobey man sieht, daß jedes Gewinde, als eine schief-

Versuch. Taf. V. Fig. 5.

liegende

liegende Fläche zu betrachten, deren Länge ad, und bd das Gewinde selbst, und deren Höhe ab, und bc den Schraubengang, deren Basis bd, und cd aber den Umkreis des Cylinders ausmachen. Werden nun mehrere solche Gewinde, und Gänge gleich weit, und gleichlange aneinandergehängt, so bilden sie eine Schraube. — — Wenn die Gewinde auf der äußern Oberfläche des Cylinders hervorragen, so heißt dieser Cylinder Schraube, Spindel; ist der Cylinder hohl, und sind die Gewinde von innen erhaben, so heißt er eine Schraubenmutter. — Sowohl an der Spindel, als in der Schraubenmutter müssen die Gewinde und Gänge, oder die Längen und Höhen durchgängig gleich seyn, sonst könnten die Gewinde und Gänge nicht gegenseitig ineinander einbassen.

§. 120.

Um das Verhältniß zwischen Potenz und Last im Gleichgewichte an einer Schraube bestimmen zu können, ist wohl zu bemerken, daß die Potenz in diesem Falle mit der Basis, oder dem Umkreise des Cylinders gleichlaufend wirke, wie es aus der Weise die Schraube zu bewegen erhellet; daß die Neigung, die Höhe, und die Länge der schiefen Ebene beynahe unverändert bleibe, ob sie gerad, daliegt, oder um eine Spindel herumliegt, und daß mithin bey der Schraube eben jene Kraft erfodert werde, um der Last das Gleichgewicht zu halten, welche erfodert wird bey der schiefen Ebene. Daraus folget

nun

nun, daß bey der Schraube wieder das nemliche Verhältniß zwischen Potenz und Last im Gleichgewichte statt finde, wie bey der schiefen Fläche der zwoten Art (§. 114. II.) an der sich Potenz zur Last, wie ihre Höhe zur Basis verhalt, d. i. P : p = A : B. Da nun aber in der Schraube die Höhen wie die Gänge, oder Entfernungen, und die Basis wie der Umkreis des Cylinders sich verhalten, so werden an der Schraube Potenz und Last im Gleichgewichte seyn, wenn sich jene zu dieser, wie ihre Gänge, oder Entfernungen zweyer Gewinde = A zum Umkreise des Cylinders = B verhalten, d. i. P : p = A : B, mithin $P = \frac{pA}{B}$. a) Aus dem folgt daß die für eine bestimmte Last anzuwendende Potenz desto kleiner seyn dürfte, je kleiner bey gleicher Peripherie des Cylinders die Schrauben-Gänge sind, oder je größer der Umkreis des Cylinders bey gleichen Schrauben-Gängen ist; oder endlich, wenn beyde ungleich sind, daß die Potenz dem Quotienten aus dem Abstande der Schraubengänge dividirt durch die Peripherie gleich seyn müsse. Folglich hat eine Schraube mit einem engen Gange ein größers Vermögen, als die mit einem weitern Gange; und man kann durch eine Schraube ansehnliche Verstärkungen der Potenz erhalten, wenn man ihr bey einem starken Umfange enge Gänge giebt. Dagegen wird die Last nur um die Weite eines Ganges fortgebracht, während die Potenz einmal um den Umkreis der Spindel gegangen.

Daher

Daher erhalten sich die Wege, welche Kraft und Last in gleicher Zeit beschreiben, umgekehrt, wie Kraft und Last im Gleichgewichte, und es wird auch hier soviel an Raum und Geschwindigkeit verlohren, als man an der Kraft gewinnt. — b) Man kann auch die Last, oder den Widerstand finden, welchen eine Schraube zu heben, oder zu überwinden im Stande ist, wenn die Potenz, nebst dem Umfange der Schraube und die Weite des Ganges bekannt ist. Z. B. die Weite des Ganges sey 4 Zoll, der Umfang 30 Zoll, und die Potenz 50 Pfund, so ist 4 : 30 = 50 : 375 Pfund Last.

* Die vorstehenden Folgesätze werden auch durch Versuche an verschiedenen Schrauben-Maschinen bestättiget. Doch hindert die starke Reibung bey der Schraube die Genauigkeit der Versuche.

§. 121.

1. Bey dem Gebrauche dieser Maschine wird die Mutter an der befestigten Spindel, oder die Spindel an der befestigten Mutter an ihren beyden Gängen so aneinander herumgedreht, daß dadurch der bewegliche Theil fortzugehen genöthiget wird; dieses Fortgehen kann man benützen, um dadurch Lasten zu heben, widerstehende Körper nach einer beliebigen Richtung fortzudrücken, zusammzupressen, u. d. gl. In allen diesen Fällen ist der Kopf der Schraube mit einem Hebel, Kurbel, oder Handgriff bewaffnet, durch welche die Potenz die Anwendung.

Um-

Umdrehung bewirkt, und das Moment der Kraft im zusammengesetzten Verhältnisse mit der Schraube vermehrt. Es geht hingegen die Last auch nur um einen Gang fort, indem die Kraft durch den Umkreis gehen muß, also wird wieder so viel Raume verlohren, als man an Kraft gewinnt.

2. Ihr Gebrauch ist sehr groß vorzüglich bey zusammengesetzten Maschinen, beym **Pressen, Zusammendrücken**, und **Befestigen der Theile aneinander**, bey **Erhebung schwerer Lasten**, die nicht mehr zurückfallen dürfen, so wie die Zimmerleute ganze Dächer, Stockwerke, Gebäude, u. d. gl. in die Höhe schrauben, um darunter bauen zu können.

3. Die starke Reibung bey der Schraube macht zwar einerseits ein großes Hinderniß, auf der andern aber bringt sie Vortheile, weil sie verhältnißmäßig größer wird, je größer die Last ist, und dieses Reiben veranlaßt, daß die Schraube in jedem Punkte stehen bleibt, ohne durch die Last zurückgedrückt zu werden.

4. Bey der Verfertigung der Schraube, und der Mutter hat man hauptsächlich darauf zu sehen, daß ihre Gewinde, und Gänge nicht nur stark, sondern auch sehr genau und gleichförmig gearbeitet werden. Sobald an einem Theile der Schraube und der Mutter das Klemmen stärker, als an den übrigen ist, so tragt dieser Theil die ganze Last, springt gerne aus, wenn er nicht fest, und stark genug ist. Um die Gewinde mehr zu schonen, wer-

den bisweilen Schrauben mit doppelten Gängen gemacht, wo auf der halben Weite des ersten Gangs noch ein zweyter um die Spindel geführt wird. Dieß thut man vorzüglich, wenn die Weite der Gänge groß ist, und dazu Platz verstattet, wie bey den Schrauben der Druckerpressen. Eine solche Schraube hat nicht mehr Vermögen, als eine einfache, aber ihre Gänge tragen nur halb so viel Druck.

5. Die flachen Schraubengewinde sind in den metallenen Maschinen den spitzigen vorzuziehen: denn ihre Reibung ist nicht so beträchtlich, und sie dauern länger. In Hölzern aber, wenn die Maschine nicht sehr groß ist, sind die flachen Gewinde nicht rathsam, denn sie brechen leicht ab, und stocken stark aneinander.

§. 122.

Die Schraube ohne Ende, oder auch die ewige Schraube ist eine Verbindung der Schraube FE mit dem Stirnrade G, an dessen Welle a d die Last L angebracht wird, um durch das Umdrehen der Schraube mittelst der Potenz P auch das Rad G umzuwenden, das Seil oder die Kette an der Welle aufzuwinden, und dadurch die Last L zu erheben. — Die Schraubengewinde, deren hiebey höchstens nur drey nöthig sind, greifen zwischen die Zähne des Stirnrads ein, die nach der Gestalt der Schraubengewinde ausgeschnitten, und daher eigentlich Schraubengänge sind. Diese Maschine hat ihren Namen

Von der Schraube ohne Ende.

Taf. V. Fig. 6.

daher

daher, weil sie nicht wie die gemeine Schraube nur bis auf einen gewissen Punkte, sondern ohne Ende, ewig, fortgedreht werden kann, da die Zähne des Rads immer wieder zurückkommen.

§. 123.

Das Verhältniß zwischen Potenz, und Last im Gleichgewichte an der Schraube ohne End bestimmet die Theorie am leichtesten dadurch, wenn wir darauf Rücksicht nehmen, daß durch einmaliges Umdrehen der Schraube das Stirnrad nur um einen Zahn fortbewegt werde, und auf die Art die Schraube durch die Potenz P an der Kurbel so oft herumgedreht werden müsse, als Eins in der Anzahle der Zähne n enthalten ist, oder viele Zähne das Rad im Umfange hat. Es verhält sich also dabey die Potenz P zur Last p, wie 1 : n oder der Anzahl der Zähne d. i. $P : p = 1 : n$; mithin $P = \frac{p}{n}$ d. h. die Potenz darf desto kleiner seyn, je größer die Anzahl der Zähne, so, daß eine Potenz von 8 Pfund einer Last von 16 Centner mittelst der Schraube ohne Ende, dessen Rad 200 Zähne hat, halten könne. Kommt nun auch das Moment der Potenz an der Kurbel, oder an dem Hebel mit in die Rechnung, so finden wir die Gewalt dieser Maschine sehr groß, die Bewegung selbst aber desto langsamer, in dem die Potenz im vorigen Falle 200mal herumgehen muß, während das Rad nur einmal herumbewegt wird, und also die Last nur um die

Länge

Länge des Umkreises der Welle a d erhoben wird. Die theoretische Berechnung aber stimmt mit der Erfahrung nicht völlig übereins, weil nebenbey auch die Ueberwindung des Affricts an dieser Maschine eine sehr große Kraft erfodert.

* Es wird das Modell einer Schraube ohne Ende vorgezeigt, und die Grösse ihres Vermögens im Versuche bewiesen. Versuch.

§. 124.

Man braucht die Schraube ohne Ende, um mit leichterer Mühe eine ungleich größere Last zu heben, oder zu überwinden, und in Fällen, wo die Bewegung ohne übrigen Nachtheile auch langsam vor sich gehen darf, oder soll. 2tens findet ihr Gebrauch auch in Fuhrmannswinden, und außerdem bey vielerley Instrumenten statt, wo die Absicht ist, eine Umdrehung ohne Schwanken, und Stossen, und ohne Verrückung der Ebene des umgedrehten Körpers zu bewirken, wie bey der Meßscheibe, den Stativen der Mikroscopen u. s. w. Anwendung.

* Bey der Schraube des Archimedes vertritt das Wasser, oder jeder in ihren Gängen befindliche bewegliche Körper die Stelle einer Schraubenmutter, welche sich auf der Schraube bey ihrer Herumdrehung hinaufbewegt. Das Aufsteigen des beweglichen Körpers geschieht an ihr durch ein beständiges Bestreben zu fallen. Die Versuche damit zeigen, daß ein in den Gängen dieser Schraube be-

find-

findlicher beweglicher Körper durch sein Bestreben immer fallen zu wollen, in die Höhe gebracht werde.

§. 125.

Von den verschiedenartig zusamengesetzten Maschinen.

Die zusammengesetzten Maschinen bestehen oder aus lauter gleichartigen, oder aus ungleichartigen einfachen Maschinen; die Zusammensetzung, ihre Bauart ist so verschieden, als mannichfaltig ihre Verbindung ist, und wird noch täglich durch neue Erfindungen vermehrt. Doch ist die Kenntniß der einfachen hinlänglich, die Gewalt, oder das Vermögen der zusammengesetzten zu bestimmen, sie mögen aus gleichartigen, oder ungleichartigen zusammengesetzt seyn; man darf sie nur in ihre einzelne Theile, oder in ihre einfachen Maschinen zerlegen, und auf diese Art ihre Kräfte bestimmen, wie ich schon bey den einfachen durchgehends bemerkt habe. Auf diese Weise ist man im Stande das Vermögen einer Maschine, wenn sie auch noch so zusammengesetzt ist, in der Theorie genau anzugeben; Zu einem Beyspiele soll uns ein Modell dienen, daß aus einer schiefen Ebne, aus einem Flaschenzuge, aus einem Rad an der Welle, aus einer Schraube ohne Ende, und aus einem Hebel zusammengesetzt ist; wir fassen die vorhin von den einfachen Maschinen erklärte Theorie zusammen, bestimmen die einzelnen Kräfte, Verhältnisse, und machen aus selben das zusammengesetzte Verhältniß, um dadurch das ganze Vermögen der Potenz auf die Last davon angeben zu können. Dieß gilt aber nicht immer

in

in der Anwendung; denn größere Maschinen, wenn sie auch vorhin in den verfertigten kleinern Modellen nach Berechnung der Hindernisse ihre ganz erwartete Wirkung geben, thun solches nicht mehr im Grossen; daß lehrt uns die tägliche Erfahrung, weil mit der Vergrößerung der Theile einer Maschine die Hindernisse nie in eben dem Verhältnisse wachsen, sondern in einem weit größern Grade zu nehmen. Hier haben wir auch noch keine bestimmte Gesetze, die uns leiten könnten, sondern Erfahrung, und Versuche müssen das Meiste thun.

§. 126.

Von dem Gebrauche der Stricke bey Maschinen.

Die bey verschiedenen Maschinen unumgänglich nöthige Stricke, oder Seile verdienen allerdings hier eine besondere Stelle. Bey denselben hat man sowohl ihr Gewicht, als ihre Steife, oder Unbiegsamkeit in Acht zunehmen. — Das Gewicht der Stricke muß in der Theorie durchgehends, je nachdem sie zur Potenz oder Last gehören, abgezogen, oder hinzugesetzt werden. — Mit der Steife, oder Unbiegsamkeit der Stricke, welche um eine Welle, Rolle, und andere Maschinen herumgewunden werden, wachst auch der Widerstand, den selbe der mechanischen Bewegung entgegensetzen. Diese Steife, und Unbiegsamkeit aber kann so wenig, als die Grade der Reibung nach beständigen Regeln genau bestimmet werden, weil sie zu sehr von verschiedenen Umständen abhängt, die bey dem Gebrauche

der Stricke nie ausser Acht zu lassen; doch lehrt die Erfahrung davon folgende Resultate:

a) Je feiner der Hanf, oder die Materie, aus der die Stricke gedreht werden, desto stärker sind sie, und desto grösser ist ihre Biegsamkeit, mithin auch desto kleiner der Widerstand bey ihrem Gebrauche.

b) Je grösser ihr Durchmesser, wenn sie aus der nemlichen Materie verfertiget sind, desto stärker, steifer, und unbiegsamer sind sie, mithin desto grösser ihr Widerstand.

c) Je mehr die Stricke gedreht sind, desto steifer, und unbiegsamer sind selbe, und desto mehr verlieren sie an ihrer Stärke. — Drey ungedrehte Schnüre sind biegsamer und stärker, als nach dem Zusammendrehen.

d) Die neuen Stricke sind steifer und unbiegsamer, als jene, welche schon öfters im Gebrauche waren.

e) Die nassen Stricke sind nicht so stark, viel steifer, und unbiegsamer, als die trocknen, weil sie durch das Naßwerden kürzer werden, hingegen am Durchmesser wachsen.

f) Die gebleichten Stricke sind schöner und biegsamer, aber schwächer, als die ungebleichten, man gebraucht sie daher blos bey Maschinen, die nicht in der freyen Luft der abwächselnden Witterung ausgesetzt sind, z. B. bey den Hänkuhren in Zimmern u. s. w.

g) Je

g) Je größer der Durchmesser der Welle oder der Rolle ist, um welche die Stricke gewunden werden müssen, desto weniger dürfen sich die umgewundenen Theile biegen, mithin wird auch der Widerstand in ihrer Bewegung kleiner seyn, als wenn sie sich um einen Cylinder vom kleinern Durchmesser aufwinden müssen, an dem sie auch viel von ihrer Stärke verlieren, weil mehrere Theile dabey von einander abgerissen werden.

Alle diese Resultaten machen wir durch Versuche anschaulich, und bestimmen zugleich dabey die Potenz, welche erfodert wird, um die Steife und Unbiegsamkeit verschiedener Stricke zu überwinden. Man befestige in dieser Absicht die Stricke AC, und BD an den Cylindern ik, und gh, an deren letztern eine Last L hangt, welche die zween Stricke spannt; schlagt man nun die beyden Stricke um den Cylinder a b nur einmal herum, so, daß ihn die Potenz P an den herumgeschlagenen Stricken herabzuziehen, und dadurch die Steife der Stricke zu überwinden im Stande sey; der Erfolg dieses Versuches wird seyn, daß bey Stricken von gröberer Materie, wie auch bey dickern und nassen Stricken, so wie bey einem kleinern Cylinder a b die Potenz P grösser seyn müsse, um die Unbiegsamkeit der Stricke zu überwinden, als in den umgekehrten Fällen, wodurch die vorigen Resultate bewiesen sind.

Versuche.
Taf. V. Fig. 7.

§. 127.

Anwendung.

Bey dem Gebrauche der Stricke hat man nach den vorigen Erfahrungen hauptsächlich auf die Größe der Lasten zu sehen, welche mittelst derselben gehoben werden müssen; bey Erhöhung, oder Bewegung sehr großer Lasten hat die Wahl der Stricke von feinerer Materie, und verhältnißmäßiger Dicke, weil sie mehr biegsam, und noch dazu stärker sind, vor den gröbern, und dichtern, die mehr unbiegsam, und minder stark sind, grosse Vorzüge; dabey dürfen die Cylinder, um welche selbe herumgewunden werden müssen, nicht zu klein seyn, die Stricke selbst nicht zu sehr gedreht, immerzu wohl getrocknet, und und nicht zu viel der freyen Witterung ausgesetzt werden u. s. w. um theils dadurch ihre Unbiegsamkeit, und den daraus entspringenden Widerstand zu vermindern, theils ihre Festigkeit nebenbey nicht zu sehr zu schwächen.

§. 128.

Von der Statik flüßiger Körper.

Obschon die flüßigen Körper den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen sind; so bestimmet doch der eigenthümliche Zustand ihres schwachen Zusammenhanges für ihr Gleichgewicht ganz besondere Gesetze. — Wir untersuchen hier als in der eigentlichen Hydrostatik nur die Erscheinungen, welche tropfbare Flüßigkeiten z. B. Wasser und alle Arten Liquoren vermöge ihrer Schwere im Gleichgewichte hervorbringen; da wir die elastischen Flüßigkeiten Luft u. d. gl. in der Folge, als in

der Aerostatik, oder Aerometrie einzeln betrachten.

§. 129.

Um uns den Blick über das Ganze zu erleichtern, wollen wir die ganze Lehre von den Wirkungen, welche die Schwere flüßiger Körper mittelst des Druckes hervorbringt, in 3 Theile zerlegen, und der Ordnung nach behandeln, und zwar im ersten Eintheilung.

Die allgemeinen Gesetze des Druckes flüßiger Körper;

im zweyten

Die sonderheitlichen Gesetze des Gleichgewichtes sowohl gleichartiger, als ungleichartiger Flüßigkeiten, d. i. jener, die von gleicher oder ungleicher Schwere, uud Dichtigkeit sind.

im dritten

Die Gesetze des Druckes, und des Gleichgewichtes fester Körper, welche sich in den flüßigen befinden.

§. 130.

Bey den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke ihres Zusammenhanges ein gemeinschaftlicher Schwerpunkt (§. 87.) annehmen, und beweisen: ihre Kraft vereinigt sich so zusagen in einem Punkte; ich kann einen festen Körper, um ihn aufzuheben, anfassen, wo ich will, so werde ich die Unterschied der Wirkungen der Schwere bey festen und flüßigen.

ganze

ganze Masse in die Höhe bringen, und folglich seine ganze Schwere tragen. Bey einem flüßigen Körper aber kann man dieß wegen des so äußerst geringen Zusammenhanges seiner Theile nicht thun, sondern man muß ihn vielmehr als eine Menge von kleinen Theilchen ansehen, welche wegen ihres schwachen Zusammenhanges unabhängig voneinander ihre Schwere durch Fallen oder Drucke äußern, oder wo jedes noch so kleine Theilchen seinen eignen Schwerpunkt hat; denn gleichwie einzelne Theile einer flüßigen Materie bewegt werden können, ohne deßwegen gemeinschaftlich die ganze Masse zu bewegen (§. 19.); so können auch aus dem nemlichen Grunde die einzelnen Theile unabhängig von der übrigen Masse einzeln fallen und drücken, ohne gemeinschaftlich auf einen gewissen Punkt hin schwer zu seyn. — Halte ich z. B. meinen Finger unter ein durchgebohrtes Gefäß, in welchem sich eine große Masse Flüßiges befindet; so tragt selber nicht die ganze flüßige Masse, sondern bloß das Gewicht der über ihm stehenden Wassersäule. — Schütte ich eine Unze Wasser über eine Nadelspitze, die Wassertheile werden nie mit gemeinschaftlicher Schwere auf die Spitze hindrücken, und alle darauf ruhen, wie die Theile eines festen Körpers auf selben drücken und ruhen; sondern es werden alle durch ihr eigenes Gewicht darüber hinabfallen, die nicht ihre besondere Unterstützungspunkte haben, und jedes davon wird den niedern Ort zu behaupten suchen, bis die oberste Fläche wagrecht steht.

§. 131.

§. 131.

I. In einem gleichartig flüßigen wird der Druck der oberen Theilchen auf die senkrecht darunterliegenden in jeder Horizontalschichte ganz allein aus der Höhe der Wassersäule bestimmet, welche die senkrecht daranfliegenden Theile gestalten, und daher desto größer seyn, je höher die senkrecht darüberstehende Wassersäule ist; weil vermög der Natur der flüßigen Materie nur die senkrecht darauf liegende Theile auf die untern Theile als ihren Untersatz drücken, und die Wirkung der Schwere äußern, wie die Erfahrungen und folgende Versuche beweisen: Von den allgemeinen Gesetzen des Druckes flüßiger Körper.

Wollen wir uns hievon mehr überzeugen, so nehme man ein Cylindrisches Gefäß AB, an dessen Boden eine Oeffnung z. B. einen Zoll im Durchschnitte ist, welche mit einem Stück Kork vermacht ist, der, damit er nicht zu hart hinausgedrückt werden könne, mit etwas Fett bestrichen ist; alsdann setze man gerade über die Oeffnung eine gläserne Röhre DE von gleichem Durchschnitte mit der Oeffnung, so, daß aus selber das Wasser nicht heraus könne, gieße dann sehr langsam Wasser in die Röhre, und merke in selber genau die Höhe, auf welche die Flüßigkeit gestiegen war, bis durch ihr Gewicht der Kork hinausgedrückt wurde, darauf nehme man die Röhre ab, und man wird den grossen Cylinder AB wieder bis zu eben der Höhe mit Wasser anfüllen müssen, wenn er den eben so stark eingesteckten Kork hinausdrücken soll. — Es wirkt Versuch. Taf. V. Fig. 8.

daher nicht die ganze Masse im weitern Gefäß gegen den Stopsel hin, sondern nur so viel, als senkrecht ober dem Stopsel liegt, d. i. als viel die Höhe der senkrechten Wassersäule in sich faßt.

II. Die festen Körper drücken bloß nach der Richtung der Schwere abwärts; da hingegen die Flüßigen abwärts, aufwärts und auch auf die Seiten drücken, und zwar so, daß in einer jeden Horizontal Schichte der Druck von allen Seiten gleich sey; indessen rührt diese Wirkung auch aufwärts, und auf die Seiten von der Schwere her. Folgende Beobachtungen und Versuche werden die Wahrheit dieses Gesetzes völlig ans Licht setzen:

a) **Beob.** Stellen wir uns vor, wir hätten eine kleine Menge kleiner vollkommen sphärischer von allen Seiten gleichwirkender Körperchen ohne alle Reibung z. B. einen vollkommen feinen Sand. Versuchen wir selben auf einen Haufen zusammenzubringen; wir werden es nie können, wenn wir nicht von allen Seiten Gränzen setzen; immer werden die obern die unterliegenden auseinander drücken, und über dieselben herabgleiten, bis alle in gleicher Lage, und mit dem Horizont parallel seyn werden. Die untern werden also immer mit eben der Gewalt auf die Seite gedrückt, mit welcher die obern abwärts drücken. Sind die Flüßigen Materien in Gefäße eingeschlossen, so geschieht das nemliche; aber dieß Bestreben wird durch die Gegenwirkung der Wände alle Augenblicke unwirksam gemacht; wird

aber

aber an einer Seitenwande eine Oeffnung gemacht, so dringt das Flüßige also gleich heraus. Wird ein Schiff von der Seite durch eine Kanone durchborret, so geht selbes zu Grunde. Woher kommen denn endlich die Ueberschwemmungen, wenn kein Druck auf die Seite geschähe? — — — Ein Schiff auf dem Wasser drückt dasselbe, und das Wasser leistet gleichen Widerstand, drückt eben so wieder entgegen, weil Gegenwirkung der Wirkung gleich seyn muß (§. 39. III.); wird nun der Boden des Schiffes durch die Spitze einer Klippe beschädigt, oder bekommt der Boden des Schiffes wie immer eine Oeffnung, so leiden jene Wassertheile, die unmittelbar unter selber liegen, keinen Druck, wie die übrigen, welche unter dem Boden liegen, dem Druck des Schiffes auszuweichen suchen, die unter der Oeffnung liegenden Wassertheilchen in selbe aufwärts eindringen, und in die Höhe steigen machen; das Schiff wird dadurch immerzu schwerer, folglich auch ihr Druck immer stärker, bis endlich das Gleichgewicht zwischen Druck und Gegendruck aufgehoben wird, und das Schiff zu Grunde geht.

b) **Versuche.** 1. Mit der Röhre AB, die man bey B ins Wasser versenkt, wobey die innere Luft durch den Druck des Wassers aufwärts so zusammengedrückt wird, daß sie das in C befindliche Wasser springen macht. Taf. I. Fig. 1.

2. Mit einem gläsern Cylinder, dessen Boden CD vom Messing in der Mitte eine Oeffnung übrig Taf. V. Fig. 9.

hat

hat, die mit einem messingen Blättchen E, wenn selbes mittelst der Schnur F aufgezogen wird, und gut anbäßt, wohl verschlossen werden kann. — Wird dieser Cylinder nach aufgezogener Schnur senkrecht ins Wasser versenkt, so wird der Druck des Wassers aufwärts das Gewicht des Blättchens E überwinden, nud selbes auch nach zurückgelassener Schnur so fest an die Oeffnung anschließen, daß es dem Wasser den Eintritt in die Oeffnung versperre. — Würde das Blättchen ober der Oeffnung liegen, und dann der Cylinder ins Wasser versenkt, so würde der Druck des Wassers aufwärts das Blättchen in die Höhe heben, und den Cylinder mit Wasser anfüllen.

3. Mit mehrern Glasröhren, die oben mit Kork verstopselt, ihre untern Oeffnungen aber von verschiedenen Richtungen in einem mit Wasser gefüllten Glase versenkt stehen; nimmt man sodann die Stopsel nach einander weg, so wird das Wasser in allen den Röhren von verschiedenen Richtungen aufsteigen, aus keinem andern Grunde, als weil der Druck des Wassers sich nach allen Richtungen aufwärts, abwärts, und seitwärts verbreitet.

4. Ein gleiches beweist auch der sogenannte Sonnenheber, an dem die Wasserstrallen nach allen Richtungen hervorströmmen. — — Folglich drücken die flüßigen Materien nach allen Seiten hin; die obenliegenden drücken mit ihrer Schwere auf die untern, diese wirken in eben dem Maße auf jene

zurück,

zurück, und da die obern die unterliegenden Theile mit ihrer Schwere auseinander zu drücken suchen, so werden die unterliegenden Theilchen mit eben der Gewalt auch seitwärts drücken, mit welcher sie abwärts gedrückt werden, und das so lange, bis ihr Druck nach allen Seiten hin in einer jeden horizontalen Schichte wegen gleicher Höhe (§. 121.) gleich wird, und durch die Gegenwirkung der Wand, des Bodens vom Gefäße aufgehoben wird.

III. **Um die Größe, oder Stärke des Druckes eines gleichartig Flüßigen d. i. eines gleichdichten, und gleichschweren Flüßigen auf den Boden** des Gefäßes zu bestimmen, haben wir sowohl auf die Höhe des im Gefäße enthaltenen Flüßigen, als auf die Grundfläche des Gefäßes Acht zu geben. — Denn die Erfahrung lehrt erstens: daß der Druck flüßiger Materien auf den Boden desto größer sey, je höher das Wasser ober dem Boden stehet; lassen wir eine leere Bouteille mit einem etwas weiten Halse, und Oeffnung, welche mit Kork so versteckt ist, daß das Wasser nicht eindringen kann, mit Gewichten beschwert senkrecht unter das Wasser; je weiter sie hinunterkömmt, und je höher folglich die ober dem Korke befindliche Wassersäule wird, um so tiefer und fester wird der Kork in den Hals hineingedrückt; ist sie nun bis auf 40 Klaftern hinabgesenkt worden, so wird der Kork durch die Stärke des Drucks ganz in die Bouteille hineingedrückt, und diese mit Wasser gefüllt. — Eine mit rothgefärbten Wasser gefüllte Blase, die Versuch.

Versuch.

an

an einer langen offenen Glasröhre so angebunden wird, daß das gefärbte Wasser bey jedem Drucke der Blase in selber aufsteige, versenke man ins Wasser; je tiefer selbe im Wasser abwärtsgedrückt wird, oder je höher die Wassersäule ober der Blase wird, desto höher wird das rothe Wasser in selber aufsteigen; folglich muß mit der Höhe der Wassersäule auch der Druck des Flüßigen auf den Boden wachsen. Zweytens: Je größer die Grundfläche des Bodens, desto größer muß auch nothwendig der Druck des flüßigen auf diesen Boden seyn; denn wir können uns vorstellen, als wäre die im Gefäße enthaltene flüßige Masse in lauter parallele Wassersäulen eingetheilt, die alle senkrecht auf dem Boden stehen, und im Verhältnisse mit ihrer Höhe drücken; je größer also der Boden eines Gefäßes ist, um so größer wird auch die Anzahl solcher senkrecht stehender, und drückender Säulen seyn, folglich muß in eben diesem Verhältnisse die Summe der Drücke selbst gegen den Boden des Gefäßes wachsen, und daher der ganze Druck des Flüßigen auf dem Boden aus der Summe aller senkrechtdrückenden Wassersäulen von gleicher Höhe bestimmet werden. Diese Summe aber wird bestimmt, wenn man die Höhe des flüßigen Körpers mit der Grundfläche multiplicirt, d. i. = AB, wenn A die Höhe, oder die Kraft, mit der eine Säule drückt, und B die Grundfläche, oder die Anzahl der drückenden Säulen vorstellt, anzeigt, wenn man mithin die Höhe oder die Kraft, mit der eine Säule drückt, so oft nimmt,

als Säulen auf der Grundfläche befindlich sind; so wird das Produkt AB die Größe des Druckes eines gleichartigen flüßigen Körpers auf den Boden bestimmen. — In Gefäßen also von gleicher Grundfläche, worinn das Wasser gleichhoch steht, ist auch der Druck auf den Boden gleich; weil AB = AB. Dieser Satz bleibt auch wahr, es mögen die Gefäße, in denen sich eine Flüßigkeit befindet, eine Gestalt haben, welche sie wollen, sie mögen oder convergirend, oder divergirend, oder durchaus gleichartig seyn. Man kann sich hievon leicht durch einen Versuch überzeugen: man befestige 3 blecherne Gefäße von gleicher Höhe, und Grundfläche A gleichartig, B obendivergirend, und C oben convergirend auf dem Brett DE; man versenke in die 3 Gefäße vollkommen gleiche bewegliche Böden, die sich wohl an den Wänden der Gefäße bey der Grundfläche anschließen, aber doch nicht strenge darinn aufzuziehen sind, werden nun diese 3 Gefäße bis zu gleicher Höhe mit Wasser gefüllt, so wird der Druck des Wassers in den 3 Gefäßen auf die beweglichen Böden durchgehens gleich seyn, indem die Potenz P, welche die Böden mittelst der Schnüre aufziehen, und dadurch den Druck des Wassers überwinden muß, in den 3 Gefäßern die nemliche seyn darf. — Es ist zwar in dem Gefäße B viel mehr Wasser, als in den übrigen zweyen; allein der Druck des Flüßigen auf den Untersatz steht nicht im Verhältniß mit der ganzen Masse, sondern nur mit der senkrecht ober dem Boden liegenden

Versuche.

Taf. V. Fig. 10.

genden Wassersäule, während die übrigen Theile auf die Wände drücken, und nicht auf den Boden des Gefäßes.

* Sind aber in zwey Gefäßen ungleichartige flüßige enthalten, so wird die Größe ihres Druckes auf den Boden allgemein bestimmt, wenn man das Produkt aus der Höhe, und Grundfläche noch dazu mit ihrer specifischen Schwere multiplicirt, d. i. P = ABG.

IV. Um zu bestimmen, wie stark eine flüßige Masse auf einen gewissen Theil der Seitenwand des Gefäßes drücke, hat man hier wieder auf die Höhe der in selben befindlichen Flüßigkeit von dem Theile der Seitenwand aus, z. B. von a aus, dessen Druck man wissen will, bis zur Oberfläche des Wassers b Acht zu geben; und selbe mit der Fläche des gedrückten Theiles ac zu multipliciren; das Produkt giebt den Druck des Flüßigen auf den Theil der Seitenwand ac hin. — — Der Druck auf den Seitenwänden der Gefäße ist daher auch immer größer, je tiefer der Theil der Seitenwand unter dem Wasser steht; daher muß das Wasser tiefer unten im Gefäße mit größerer Gewalt herausfahren, und mit abnehmender Höhe auch die Geschwindigkeit des hervorspringenden abnehmen; wie uns der Versuch an dem Wasserbehälter DE beweist, an welchem bey C das Wasser am stärksten, bey B minder stark, und bey A mit geringerer Gewalt hervorspringt, und mit der abnehmenden Höhe noch immerzu schwä=

Taf. V. Fig. 11.

Taf. V. Fig. 12.

schwächer wird; der Grund davon liegt in dem ersten Gesetze.

V. Bey der Vermischung flüßiger ungleichartiger Materien, die sich durch blosse Vermischung zu verbinden nicht fähig sind, behauptet die eigenthümlich schwereste die unterste Stelle, die leichteste aber die oberste, und die übrigen nehmen nach der größern, oder kleinern specifischen Schwere mehr oder minder tiefe Stellen ein. — Dieß zeigt erstens sinnlich die sogenannte **Elementarwelt**, d. i. ein gläsernes wohl geschlossenes cylinderförmiges Gefäß, das mit Weinsteinsalz, welches an der Luft zerflossen ist, mit höchst rectificirten Weingeiste, und mit Steinöl gleichtheilig gefüllt, und dann geschüttelt wird, wodurch die Flüßigkeiten so zertheilt werden, daß sie dem Ansehen nach eine gleichartige flüßige Materie zu bilden scheinen; durch die Ruhe sondern sie sich aber wieder in ungleichartigen Stoffe ab. — Durch diese Mischung, welcher man noch geseiltes Eisen, oder eine andere pulverichte Substanz, die von den Flüßigkeiten nicht aufgelöst wird, beysetzt, stellt man die Elementarwelt, und die Absönderung der Elemente nach ihrer verschiedenen eigenthümlichen Schwere vor; da dann das gefeilte Eisen als die schwereste Substanz die Erde; das zerflossene Weinsteinsalz das Wasser; der Weingeist die Luft, und das Steinöl als die leichteste das Feuer vorstellt. Füllt man 2 gläserne kugelförmige kleine Gefäße A und B, die übereinander stehen, und durch eine Röhre von geringerer

1 Versuch.

2 Versuch. Taf. V. Fig. 13.

Weite

Weite mit einander in Verbindung gebracht werden, das unterste B mit rothen Wein, das oberste A mit Wasser; der Wein als eine leichtere Flüßigkeit steigt in die obere Kugel A, und das Wasser als eine schwerere in die untere Kugel B. Eben das geschieht, wenn man ein kleines Glas, dessen Mündung nicht über zwo Linien hält, mit Wein anfüllt, und unter Wasser in ein damit angefülltes Gefäß versenkt. Dieß ist eben so, wie bey der Elementarwelt eine nothwendige Folge des größern Druckes der dichtern, und eigenthümlich schwerern Flüßigkeit, und der leichtern Trennung der Theile der eigenthümlich leichtern, die dem größern Drucke auszuweichen suchen, und da sie nirgend anderswo sich hinbegeben können, des mindern Widerstandes wegen in die Höhe steigen.

§. 132.

Von den Gesetzen des Gleichgewichtes gleichartiger, und ungleichartiger Flüßigkeiten.

I. Damit eine gleichartige flüßige Materie in einem Gefäße ruhig stehen, oder im Gleichgewicht seyn könne, muß die oberste Fläche derselben eben, und wagrecht seyn. Denn nur in der wagrechten, und ebenen Stellung der obersten Fläche haben alle Säulen des Flüßigen gleiche Höhe, und also (, nach §. 121. I.) gegenseitig gleichen Druck, welcher die Ruhe, oder das Gleichgewicht bewirkt. — Es läßt sich die ebene und wagrechte Lage der Flüßigen im Gleichgewichte auch aus der Natur der Flüßigkeiten erklären, kraft welcher jeder einzelne Theil für sich unabhängig von den andern seine Schwere äußert, und gemäß dieser Schwere jeder

für

für sich den möglichst niedersten Ort zu behaupten sucht (§. 130.). Da also außer der wagrechten Lage einige Theile höher als die andern stehen müßten; so müssen die höher liegenden Theile, ihrer eigenen Schwere, und des schwachen Zusammenhangs wegen mit den unterliegenden Theilen, darüber hinabrollen, und das, solange ein Theil höher als der andere stünde, d. i. bis alle Theile der obersten Fläche wagrecht liegen.

II. In zwoen, oder mehrern Röhren, die untereinander in Verbindung stehen, und die Flüßigkeiten gemeinschaftlich aufnehmen, (man heißt sie gemeiniglich communicirende Röhren) halten sich gleichartige Flüßigkeiten nur unter gleicher senkrechter Höhe das Gleichgewicht, es mögen die Röhren von was immer für einer Gestalt, und Neigung seyn, auch wenn die Röhren von ungleicher Weite sind. — — — Beweise geben uns davon unmittelbare Versuche mit verschiedenartig communicirenden Röhren von gleicher, und ungleicher Weite, Taf. VI. Fig. 1. von verschiedenen Stellungen und Gestalten, wie die 1 Figur vorzeigt, in welchen Röhren durchgehends das gleichartig Flüßige in gleicher Höhe steht, und außer dieser gleichen Höhe nie ruhig, oder im Gleichgewichte stehen kann. Denn das Gleichgewicht unter den Säulen eines flüßigen Körpers entsteht aus gleichem Drucke gegeneinander; nun aber findet ein gleicher Druck unter den Säulen eines gleichartigen flüßigen Körpers nur bey gleicher Höhe statt, (§. 131.) weil der Druck der senkrecht aufeinan-

der wirkenden Säulen nur allein wie die Höhe ist. Wenn nun schon in dem größern Gefäße mehr Wasser als in den andern Röhren vorhanden ist, so wirkt doch bey der Oeffnung C den Wassersäulen in den andern Röhren nicht mehr Masse entgegen, als die auf der Oeffnung senkrechtstehende Wassersäule von gleicher Höhe betragt; die Wirkung der übrigen flüßigen Masse, weil sie senkrecht auf den Boden, geht durch dessen Gegenwirkung verloren.

Taf. VI. Fig. 2. III. **Ungleichartige Flüßigkeiten hingegen halten sich in zwoen communicirenden Röhren das Gleichgewicht**, wenn sich ihre senkrechten Höhen umgekehrt mit ihrem eigenthümlichen Gewichte verhalten, d. i. wenn ein Flüßiges in der Röhre A um so viel höher steht, als das andere in der Röhre B, um was das Flüßige in der Röhre B schwerer ist, als das in der Röhre A. Algebraisch ausgedrückt A : a = g : G : wo die Buchstaben A : a die Höhen, und g : G die eigenthümliche Gewichte anzeigen. —

Versuche. Die Versuche mit verschiedenartig flüßigen Materien beweisen dieß Gesetz augenscheinlich, wenn man die obenstehenden Röhren A mit Wasser, und B mit Quecksilber füllt, wobey die Erfahrung zeigt, daß im Gleichgewichte das Wasser in der Röhre A 14mal höher stehe, als das Quecksilber in B, da hingegen das Quecksilber um 14mal schwerer ist, als das Wasser. Diese Wirkung rührt daher: Da das so wenige Wasser in einer engen langen Röhre AC

nicht ruhen kann, bis das Wasser im größern communicirenden Gefäße BF in gleicher Höhe steht; und das wegen des beständigen Bestrebens der Wassersäule AC, ihre entgegenwirkende Wassersäule, und mittelst dieser auch die ganze übrige Masse Wasser im weiten Gefäße BDF zur gleichen Höhe zu bringen; so kann man mit Grunde behaupten, daß der Druck der so dünnen Wassersäule AC so groß sey, daß selber dem Drucke der ganzen Wassermasse von gleicher Höhe (das z. B. einen Cubickschuhe betragt, und 64 tt. wiegt) im weitern Gefäße das Gleichgewicht halten könne. Bringt man nun statt dem 64 tt. Wasser im weiten Gefäße BF einen andern Körper, der ebenfalls 64 tt. wiegt, auf die kleine eingeschlossene Wasserfläche ED, so wird auch mit diesem die Wassersäule AC das Gleichgewicht halten. — Wenig Wasser kann also auf diese Art einen sehr großen Druck ausüben. Spannt man über das weitere Gefäß bey ED eine Thierhaut, so wird diese durch die Wassersäule AC sehr in die Höhe gedrückt, und ausgedehnt; legt man auf die angespannte Thierhaut ein Gewicht, so wird so eine Wassersäule AC im Verhältnisse mit der Höhe, und Grundfläche des weitern Gefäßes dieses aufgelegte Gewicht in die Höhe heben. Das zu diesem Versuche gebrauchte Instrument nennt man einen Anatomischen Heber, weil Wolf ihn angewendet um thierische Häute zu anatomieren.

§. 133.

Anwendung.

1. Die Kunst wendet das Gesetz vom Drucke der gleichartig Flüßigen in communicirenden Röhren hauptsächlich bey den Wasserleitungen an, da sie mittelst der Teichen aus Quellen, die an höhern Orten entspringen, Wasser in niedere Orte hinleitet, und an selben Springbrunnen errichtet, die nach allen gehobenen Hindernissen so hoch wieder aufwärts springen, als hoch das Wasser von den höhern Gegenden herabgeleitet worden.

2. Wenn in einem Wassergebäude, z. B. unter der Bettung einer Schleusse, Wasser steht, und so dünne, als es wolle, einen beträchtlichen Theil der Fläche einnimmt; andererseits aber von einer Höhe ein noch so feiner communicirender Faden dazudringt; so drückt dieser so stark gegen die Bettung aufwärts, als eine Wassersäule, welche die Fläche des unter der Bettung stehenden Wassers zur Grundfläche, und die Höhe des Wasserfadens zur Höhe hat; daher es kein Wunder ist, wenn manchmal von eben so kleinen, und leicht sich ereignenden Zufällen die Bettungen der Schleussen in die Höhe gehoben, oder Wassergebäude zerstört werden. Denn gesetzt, wir wollen annehmen, das Wasser unter einer Bettung betrage 6 Quadratschuhe, und die Höhe des Wasserfadens, der zwar nur einen Zoll dicke ist, wäre = 33 Schuhe, so ist der Druck derselben gegen der Bettung = 33 x 6 = 198 Cubickschuhe; da nun ein Cubickschuh Wasser ungefähr 64 Pfund

wiegt,

wiegt, so ist die ganze Kraft des Druckes auf die Bettung so groß, als der Druck von 12672 Pfund Wasser.

§. 134.

Von den Gesetzen des Druckes, und Gleichgewichtes fester Körper mit Flüßigen.

Wird ein fester Körper auf einen flüßigen gelegt, so wird die Säule des Flüßigen, auf welcher selber aufliegt, durch den Zusatz des Gewichtes des festen Körpers schwerer, und drückt auf diese Art stärker gegen den Boden, als die Seitensäulen. Diese unterliegende Säule fangt also mit ihrem daraufliegenden Körper zu sinken an; die Säule könnte aber wegen dem unüberwindlichen Widerstand des Bodens nicht sinken, wenn nicht so viel Flüßiges davon, als das Volum, oder Rauminhalt des eingesenkten festen Körpers beträgt, in die Seitensäulen hinübergeht, und ihre Höhe vermehrt. — Hieraus wird es nun ganz faßlich, daß der feste Körper, sobald er im Flüßigen zu sinken anfangt, ein so großes Volum von der unterliegenden Säule auf die Seiten drücken und erhöhen müsse, als das Volum des gesunkenen Theils vom festen Körper beträgt. Je tiefer also der feste Körper sinkt, desto mehr Flüßiges muß selber auf die Seiten räumen und erhöhen; versinkt er ganz, so werden dadurch die Seitensäulen um eben so viel Flüßiges erhöhet, als sein ganzes Volum faßt. Das zu erhöhende Flüßige wirkt aber im Verhältniß seines Volums mittelst seiner Schwere dem Drucke des festen Körpers entgegen. Man sieht also ganz klar, daß es bey der Betrachtung

des

des Gleichgewichtes zwischen festen und flüßigen Körper ganz auf das Verhältniß zwischen dem Drucke des eingesenkten festen Körpers, und dem Gegendrucke des zu erhöhenden flüßigen ankomme. Da nun aber der Druck des festen Körpers auf das Flüßige eine Wirkung seines Gewichtes ist, so wie auch der Gegendruck des zu erhöhenden Flüßigen vom nemlichen Volum mit seinem Gewichte bestimmet wird; so werden hieraus folgende Gesetze desto leichter erklärbar.

§. 135.

Gesetze. I. Feste Körper halten den flüßigen, worinn sie sich befinden, das Gleichgewicht, wenn der feste Körper auf den flüßigen eben so drückt, wie das Flüssige vom nemlichen Volum jenem des eingesenkten Körpers entgegendrückt, d. i. wenn das Gewicht des festen Körpers gleich ist dem Gewichte des zu erhöhenden Flüßigen unterm nemlichen Volum. Man muß also dabey den Unterschied zwischen dem absoluten, und eigenthümlichen Gewichte (§. 44.) wohl in Acht nehmen.

II. A) Wird ein specifisch leichterer Körper z. B. ein hölzerner Würfel auf Wasser gelegt, dessen Gewicht kleiner ist, als ein eben so großes Volum vom Wasser, so wird selber auf dem Wasser schwimmen, und nur so tief im selben sinken, bis das Gewicht des weggedrängten und erhöhten Wassers vom nemlichen Volum, mit den im Wasser stehenden Würfelflächen, dem Gewichte des ganzen Würfels gleich ist.

1. Ver-

1. **Versuch.** Mit einem hölzernen Würfel von einem rheinländischen Decimalcubickzoll, welcher in einen messingen Eimer genau hineinpaßt. Man wiege nun zuvor mittelst der **hydrostatischen Wage** *) den im Eimer versetzten Würfel, und nach weggenommenen Würfel ein eben so großes Volum Wasser, das aus einer Mischung vom reinen Wasser, und aus einer Salzsohle besteht; der hölzerne Würfel wird weniger wiegen, als eben so viel Wasser, und also durch das Uebergewicht des Wassers auf der Oberfläche schwimmend erhalten. —

2. Wiegen wir ein eben so großes Volum Wasser ab, als das Volum der im Wasser stehenden Würfelflächen betragt, so finden wir ihr Gewicht mit jenem des ganzen Würfels gleich; mithin sinkt selber so lange, bis diese Gewichte gleich sind, und zwar desto tiefer, je leichter das Flüßige ist.

B) Wird ein fester Körper auf einen flüßigen von gleicher specifischer Schwere gelegt; z. B. ein **Würfel von Wachs**, oder ein **Ey** auf das vorige Gemisch von Wasser, so wird der Würfel ganz hinabsinken, bis dessen oberste Fläche mit dem Wasser wagrecht steht, er wird auch in jeder Lage ruhen, wohin

*) Diese Wage zeichnet sich von einer gemeinen Wage nur durch ihre größere Empfindlichkeit aus, übrigens aber auch, um feste und flüßige Körper damit in einer flüßigen Materie abzuwägen, eine bequemere Einrichtung haben muß.

wohin man ihn immer stellt, weil so ein Würfel auf das Wasser eben so drückt, wie das Wasser vom nemlichen Volum; mithin leidet auch der Würfel den nemlichen Gegendruck; es ist also eins, ob nun dieser Würfel im Wasser, oder eben so großes Volum Wasser darinn befindlich ist; da also so ein Würfel Wasser wagrecht, und auch in jeder Lage ruht, so muß auch der Würfel gleiches thun.

Versuche mit einem wächsernen Würfel auf die vorige Art.

C) Wird endlich ein fester **Körper** von schwererer Art, als das Flüßige, z. B. ein metallener Würfel auf Wasser gelegt, so fallt er auf den Boden des Gefäßes; doch nicht mit dem ganzen Gewichte, sondern nur mit dem Ueberschuß des selben, das man respectives Gewicht nennt; um welches das Gewicht des Festen größer ist, als das Gewicht des Flüßigen vom nemlichen Volum; denn der übrige Theil des Gewichtes wird durch das Gegengewicht des Flüßigen vom nemlichen Volum unterstützt.

1. **Versuch.** Mit einem metallenen Würfel, welcher im Eimer mehr wiegt, als ein eben so grosses Volum Wasser in demselben.

2. Diesem Würfel kann auch der Ueberschuß seines Gewichtes vor jenem des Wassers, wenn selber nach entgegengesetzter Richtung angebracht wird, im Wasser das Gleichgewicht halten, und ihn vom Falle hindern.

3. Mit

3. Mit dem cartesianischen Männchen.

Folgesätze. 1. Specifisch leichtere feste Körper verlieren im Flüßigen durch das Gegengewicht des zu erhebenden Flüßigen ihr ganzes Gewicht. — Eben so auch diejenigen, welche mit dem Flüssigen gleiches specifisches Gewicht haben.

2. Die specifisch schwerern, wenn sie unmittelbar in das specifisch leichtere versenkt werden, verlieren nur einen Theil des Gewichts, mit dem Ueberrest vom Gewichte fallen sie zu Boden.

Allein wie groß ist dieser Verlurst?

III. Der Verlurst, den ein fester Körper im specifisch leichtern Flüßigen an seinem Gewichte leidet, ist genau so groß, als das Gewicht des Flüßigen vom nemlichen Volum mit dem festen; oder als das Gewicht des aus seiner Stelle vertriebenen Flüßigen beträgt: Denn der Verlurst entstehet aus der Größe der Gegenwürkung des Flüssigen, die Größe der Gegenwirkung aber wird aus dem Gewichte des zu verdrängenden Wassers bestimmt (I).

Um diesen Satz durch Versuche zu beweisen, dient ein metallener Würfel A, der ebenfalls wieder einen rheinländischen Decimal-Cubickzoll hat, und in einem messingenen Eimer B genau hineinpaßt. Man hänge den Eimer B an einen Wagebalken C, und am Boden des Eimers in den Hacken e den am Pferdhaare hangenden Würfel A, und bringe Versuch. Taf. VI. Fig. 3.

sodann

sodann diese Vorrichtungen in der freyen Luft mit der Wagschale D durch Gegengewichte ins Gleichgewicht. Versenkt man aber den Würfel A ganz in das Wasser, so wird nach gehobenem Gleichgewichte die Wagschale D um das überschlagen, was der Würfel am Gewichte im Wasser verloren hat. Um nun aber die Größe des Verlurstes genau bestimmen zu können, so fülle man den Eimer E mit Wasser, das Gewicht dieses Wassers vom nemlichen Volum mit dem verdrängten wird nun den Verlurst am Gewichte des Würfels ersetzen, und das aufgehobene Gleichgewicht wieder herstellen, zum Beweise, daß der **Verlurst** des eingesenkten Würfels an seinem **Gewichte dem Gewichte des Wassers vom nemlichen Volum gleich sey.**

Anmerk. Der Verlurst, den ein fester Körper in einem leichteren Flüßigen versenkt an seinem Gewichte leidet, ist nur scheinbar, indem er in der That seine vorige Schwere behält, die aber nur nicht ganz von dem Körper, an dem er hangt, sondern zum Theil von dem unter ihm befindlichen Flüßigen getragen wird; daher dann auch das Flüssige um so viel mehr wiegt, als der eingesenkte Körper

Versuch. leichter wird; denn setzen wir z. B. ein Glas mit Wasser auf eine Wagschale, und bringen dasselbe durch ein Gegengewicht ins Gleichgewicht. Senken wir demnach den vorigen metallenen Würfel in der nemlichen Vorrichtung an der Wage, wie vorhin, in dieß Wasser, so wird das Wasser am Gewichte so-

viel

viel gewinnen, als an der andern Wage der Würfel verloren hat; denn nehmen wir aus dem Glase mittelst des eingesenkten Eimers so viel Wasser weg, als der Würfel am Gewichte verloren hat, so werden beyde Wagen wieder im Gleichgewichte stehen, und dadurch beweisen, daß der Verlurst, den der feste am Gewichte im Flüßigen leidet, eben so viel betrage, als das Flüßige am Gewichte gewinnt.

§. 136.

Aus dem jetzt erläuterten Satze, daß nemlich ein fester **Körper**, wenn er ins Wasser, oder einen andern Liquor versenkt wird, so viel von seinem Gewichte verliere, als das **Wasser wiegt, welches er aus seiner Stelle vertrieben hat**, oder welches eben so viel Raum einnimmt, als er selbst, lassen sich viele nützliche Folgerungen ziehen, von denen ich bloß die merkwürdigsten anführen will:

A) **Schwere feste Körper vom gleichen Volum** verlieren **in einerley** leichtern flüßigen Massen **gleiche Summen von ihrem** absoluten Gewichte; ihr eigenthümliches Gewicht mag verschieden, oder einerley seyn; ihr **respectives** Gewicht aber, das noch zum Fallen übrig bleibt, ist bey gleichen Volumen im Verhältnisse mit ihren absoluten Gewichten. Folgesätze.

Bestättigung durch Versuche.

Man setze einen Würfel von einem Cubickzoll Bley, der an einem Roßhaare an einem Arme des Versuch.

Wag=

Wagbalkens aufgehangen ist, mit dem Gegengewicht ins Gleichgewicht; bestimme sodann wie oben im destillirten oder reinen Wasser, wie viel selber am Gewichte verlohren. Bestimmt man auf gleiche Weise auch den Verlurst, den ein eisener Würfel vom nemlichen Umfange in diesem Wasser macht, so werden wir diese Verlurste gleich finden; weil nach dem vorgehenden Hauptsatze der Verlurst so groß, als das Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers, welches aber in beyden Fällen gleich, mithin muß auch der Verlurst in beyden gleich seyn.

B) Schwere feste Körper von einerley absoluten Gewichten, aber verschiedener specifischen Schwere d. i. vom ungleichen Volum, verlieren ungleich viel von ihrem absoluten Gewichte, wenn sie in das nemliche Flüßige versenkt werden; der größere, oder specifisch leichtere verliert mehr, als der kleinere, oder specifisch schwerere. Mithin wird W : w = g : G seyn, wo die Buchstaben W, und w die Verlurste an den Gewichten der festen Körper; g, und G aber ihre specifischen Schweren anzeigen; weil auch das Gewicht des durch den größern aus der Stelle vertriebenen Flüßigen größer ist, als das Gewicht desjenigen, welches durch den kleinern aus dem Platze vertrieben wird. Selbst das Wägen in der Luft muß als eine Art Wasserwägen betrachtet werden; der größere verliert darinn mehr, als der kleinere; da aber das Gewicht der aus der Stelle vertriebenen Luft nicht so beträchtlich ist; so

kann

kann auch der Verlurst nicht so beträchtlich seyn, außer bey sehr großem Unterschiede des Volums vom Gewichte und Gegengewichte.

Bestättigung durch Versuche

Mit $1\frac{1}{4}$ Pfund schwerer Bley-, und eben so schwerer elfenbeineren Kugel auf die obige Weise angestellt. Versuch.

C) Der nemliche feste und specifisch schwerere Körper verliert in leichtern ungleichartigen Flüßigkeiten ungleich viel von seinem absoluten Gewichte, und zwar in dem specifisch dichtern, oder schwerern mehr, als in dem lockern, oder specifisch leichtern. So verliert der nemliche Würfel in der Salzsohle mehr, als im gemeinen Wasser; in diesem mehr, als im destillierten Wasser; weniger noch im Weine, und merklich weniger im Weingeiste. Weil der Verlurst wie das Gewicht des aus der Stelle getriebenen Flüßigen ist; da also das Gewicht der aus der Stelle getriebenen Salzsohle unter dem nemlichen Volum größer, als das Gewicht des gemeinen Wassers; dieses wieder größer, als das Gewicht des destillierten Wassers u. s. f.; so muß auch der Verlurst, welchen der nemliche feste Körper in verschiedenen Flüßigen am Gewichte leidet, mit der specifischen Schwere der Flüßigkeiten im Verhältnisse seyn, d. i. $W : w = P : p$, wo die Buchstaben W, und w den Verlurst der festen Körper an ihren Gewichten, P und p aber die specifischen Gewichte Versuch.

ver-

verschiedener Flüßigkeiten anzeigen. — Da sich die Dichtigkeit der flüßigen Materien nach den Temperaturen ändert, in der Kälte vermehrt, in der Wärme vermindert wird, so wird auch ein, und eben derselbe feste Körper in einerley flüßigen bey verschiedenen merklich voneinander abstehenden Wärmegraden ungleich viel verlieren.

§. 137.

Anwendung. Die schönste **Anwendung** finden die bisher vorgetragene Sätze an dem darauf sich gründenden Verfahren das **eigenthümliche Gewicht fester, und flüßiger Körper untereinander zu vergleichen.** Zu so einer Vergleichung aber des eigenthümlichen Gewichts mehrer Körper untereinander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur **Einheit** annehmen. Man wählt dazu am bequemsten **reines, destillirtes Regen = oder Schneewasser**, dessen **Temperatur** man aber nothwendig, so wie der anderen zu untersuchenden Körper, bestimmen muß (§. vorig.).

Aufgaben. 1. **Aufgabe.** Das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes **verschiedener flüßiger Liquoren gegen reines Wasser** aus dem Verlurste, den ein specifisch schwerer Körper in den verschiedenen Liquoren leidet, zu finden.

Aufl. Man bringt einen festen, und specifisch schwerern Körper, der von den Flüßigkeiten nicht aufgelößt wird, erst in der Luft ins Gleichgewicht,

wicht, versenkt ihn dann in das reine Wasser, bemerkt genau den Verlurst, welchen er an seinem absoluten Gewichte leidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab, und bestimmt mit gleicher Sorgfalt den Verlurst, welchen er in andern zu untersuchenden Flüßigkeiten leidet. Das Gewicht, das der nemliche feste Körper in einer jeden andern flüßigen Materie verliert, durch den Verlurst im Wasser dividirt, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüßigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Wassers. Z. B. ein Cubickzoll Bley an einem Roßhaare ins Wasser versenkt, verlieret in selbem 5 Gran, in der Milch aber 10 Gran; so ist $\frac{10}{5} = 2$ das specifische Gewicht der Milch zu jenem des Wassers $= 1$. Der Grund dieser Auflösung liegt in dem Folgesatze C (§. vorig.) weil $5 : 10 = 1 : 2$.

2. Aufgabe. **Das eigenthümliche Gewicht schwerer fester Körper gegen das specifisch leichtere Wasser zu vergleichen.**

Aufl. Man wiege zuvor den festen Körper, dessen eigenthümliches Gewicht man sucht, in der Luft, und dann im destillierten Wasser, und bestimme genau den Verlurst, den er im Wasser gelitten. Sein absolutes Gewicht durch das dividirt, was er im Wasser verliert, giebt das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichtes gegen jenes des zur Einheit angenommenen Wassers. Wollten wir z. B.

wissen,

wissen, wie vielmal das Kupfer schwerer wäre, als das Wasser, so wiegen wir ein Stück Kupfer in der freyen Luft, etwa einen kupfernen Würfel von 18 Loth, und wenn wir dann im Wasser seinen Verlurst = 2 Loth bemerken; so finden wir, daß sich 2 : 18 = 1 : 9 verhalten, oder daß das Kupfer den 9ten Theil seines Gewichtes im reinen Wasser verliere, folglich das Kupfer 9mal schwerer, als das Wasser sey.

3. Aufgabe. **Das Verhältniß verschiedener specifisch schwerer fester Körper gegeneinander in einer specifisch leichtern flüßigen Materie zu finden.**

Aufl. Man wiege die zween feste Körper, deren eigenthümliches Gewicht man sucht z. B. Kupfer, und Gold vom nemlichen absoluten Gewichte im reinen Wasser bemerke genau, was sie beyde im Wasser verlieren; da nun das Gold im Wasser beyläufig den 18ten Theil seines Gewichtes, das Kupfer aber nur den 9ten Theil desselben verliert; so sieht man klar, daß Gold 18mal schwerer, als das reine Wasser, Kupfer aber nur 9mal schwerer, als eben dieß Wasser sey; folglich das Gold noch einmal so schwer, als Kupfer sey. — Die Quotienten aus den absoluten gleichen Gewichten zweyer fester Körper dividirt durch ihre Verlurste, welche beyde im nemlichen Wasser leiden, geben die Verhältnisse der specifischen Gewichte fester Körper gegeneinander.

Diese

Diese Erfahrung, daß reines Gold, welchem kein anderer Körper an Schwere gleichkömmt, den achtzehnten Theil seines Gewichtes in dem Wasser verliere, giebt zugleich ein leichtes Untersuchungsmittel an die Hand, ob ein Körper wirklich vom ächten Golde sey, oder nicht; denn verliert er mehr als den achtzehnten Theil von seinem Gewichte, so ist er entweder gar nicht von Golde, oder mit anderen Materien vermischt. Archimed war der erste, der dadurch die Betrügerey eines Goldschmiedes zu Syrakus aufdeckte, welcher zur Verfertigung einer Krone von seinem König Dionysius 18 Pfund reines Gold bekam. Er verfertigte auch wirklich eine Krone von eben dieser Schwere. Archimed erhielt vom König den Auftrag zu untersuchen, ob die Krone auch wirklich aus bloß reinem Golde bestehe; er wog sie im Wasser, und fand daß sie in selbem 1⅓ Pf. an ihrem Gewichte verlor, da sie, wäre sie ganz Gold gewesen, nur den 18ten Theil vom Gewichte d. i. 1 Pf. verloren haben sollte: es zeigte sich also, daß der Goldschmied nicht bloß Gold, sondern 12 Pfund Silber, und nur 6 Pfund Gold genommen hatte.

* Körper, welche sich im Wasser auflößen lassen, wiegt man entweders im stärksten Weingeiste, oder in Terpentinöle ab, auf eben die Art, wie im Wasser. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes dieser Flüßigkeiten gegen jenes des Wassers, so kann man ebenfalls ganz leicht das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene Wasser durch Rech-

nung finden. — Nach den vorigen Auflösungsregeln der Aufgaben hat man die specifische Schwere verschiedener Materien bestimmt, und sie in Tabellen zusammengefaßt.

4. Aufgabe. **Das eigenthümliche Gewicht verschiedener Flüßigkeiten gegeneinander vergleichen, wenn man einen festen aber specifisch leichtern Körper von einer bequemen Gestalt in selben schwimmen läßt, und den Unterschied der Tiefe bemerkt, in welche er sich versenkt.**

Aufl. Da ein specifisch leichterer fester Körper für sich auf den specifisch schwerern Flüßigkeiten schimmen muß, und nur so tief in selben sinken kann, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüßigkeit ihm am Gewichte gleich ist (§. 135. II.); so folgt nun ganz natürlich, daß der nemliche feste Körper in verschiedenen Flüßigkeiten auf verschiedene Tiefen sinken müsse, und zwar im verkehrten Verhältnisse mit den eigenthümlichen Gewichten der verschiedenen Flüßigkeiten, d. h. der nemliche feste Körper muß in jener Flüßigkeit, welche specifisch leichter ist, tiefer sinken, als in der specifisch schwerern; weil in dieser, wegen ihrer größern specifischen Schwere, kein so großes Volum erfodert wird, als in der specifisch leichtern, um dem eingesenkten Körper das Gleichgewicht zu halten. — Um was also der Umfang des eingetauchten Theils in dem Flüßigen A größer ist, als in dem Flüßigen B,

um das ist das flüßige B specifisch schwerer, als A. — Hierauf gründet sich die Einrichtung der Aräometer *) oder der sogenannten Salz-Wasser-Bier- und Brandweinwagen. Sinkt der Aräometer z. B. im gemeinen Wasser um 1 Grad tiefer, als im Salzwasser, so können wir auch folgern, (obwohl nicht mit der größten Genauigkeit) daß das Salzwasser um 1 Grad schwerer, als das gemeine Wasser sey. Hieraus können wir leicht begreifen, warum sich die Schiffe im Flußwasser tiefer einsenken, als im Meerwasser, und bey dem Uebergange von einem See- in ein süßes Wasser manchmal gar versinken. Wie die Ladung eines Schiffes in verschiedenen Wässern zu finden. — — Eben so läßt sich aus der Tiefe des Einsenkens verschiedener fester Kör-

Taf. VI. Fig. 4.

*) Diese Werkzeuge werden gemeiniglich aus Glas oder Metall gemacht, und bestehen aus einer hohlen Kugel, an der sich oben eine cylinderische Röhre mit Abtheilungen, unten aber eine andere kleinere mit Schrot, Quecksilber, oder andern schweren Materien gefüllte Kugel befindet; das ganze Gewicht einer solchen Wage muß nicht ganz so groß seyn, als das Gewicht einer eben so großen Menge der flüßigen Massen, in welche sie versenkt werden, um ihre specifischen Gewichte zu prüfen. Die besten und genauesten sind jene vom Hrn. Brander nach Wienergewicht; ihr Gebrauch bey der Untersuchung der specifischen Schwere verschiedener Flüssigkeiten wird in den öffentlichen Collegien praktisch gezeigt.

Körper vom gleichen Umfange in den nemlichen specifisch schwerern Flüßigkeiten einiges Verhältniß ihrer eigenthümlichen Schwere angeben; indem der Körper A um das specifisch schwerer seyn muß, als der eben so große Körper B, um was sich A im Wasser tiefer senkt, als B in eben dem Wasser. Unterhalb den Wasserwagen werden manchmal auch
Taf. VI. Fig. 5. specifisch schwerere Körper angehängt, und samt selben ins Wasser gesenkt, z. B. ein kleines Stück Gold und ein eben so schweres Stück Kupfer; senkt sich nun diese Wage mit dem Goldstücke nochmal so tief, als mit dem Kupferstücke, so folgt, daß das Gold nochmal so schwer sey, als das Kupfer.

§. 138.

Aus den bisher erklärten Gesetzen ist es bewiesen, daß ein specifisch schwerer Körper in dem Wasser untersinken, und ein specifisch leichterer darauf schwimmen müsse. — Allein es können specifisch schwerere, wie specifisch leichtere manchmal auch so zubereitet werden, daß jene schwimmen, und diese untersinken müßen; die Zubereitung ist folgende:

A) Die specifisch leichtern werden im Flüßigen gemeiniglich dadurch zum untersinken gebracht, daß sie mit specifisch schwerern verbunden werden, wobey die Materie in dem ganzen Umfange der Verbindung mehr wiegt, als ein eben so großer Umfang des Flüßigen.

B) Schwe=

B) Schwerere feste Körper werden in specifisch leichtern Flüßigkeiten auf zweyfache Art zum Schwimmen gebracht: entweder a) wenn man selbe in einen größern Raum ausdehnt, als eine Menge Wasser vom gleichem Gewichte einnimmt, auf diese Art wird ihr ganzes Gewicht vom größern Gegengewicht des Wassers getragen. Lassen wir z. B. aus einem Pfund Messing, das doch mehr als achtmal schwerer, dann das Wasser ist, eine hohle Kugel von der Größe machen, daß sie einen halben Cubickschuh Raum einnimmt; so werden wir bemerken, daß eine solche Kugel eben so wie der leichteste Körper schwimmt, weil sie weit mehr Raum erfüllt, als ein Pfund Wasser, das nur, wenn es etwas unrein ist, den 64zigsten Theil von einem Cubickschuh erfodert: oder b) wenn man sie mit Körpern, die leichter sind, als das Wasser, verbindet in dem Maase, daß die Materie in dem ganzen Umfange ihrer Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großer Umfang der Flüßigkeit. Auf die erstere Art schwimmen die Fische, und die Leichen; auf die andere Art aber die Menschen mittelst der Schwimmgürtl und Blasen; die Eisenfeile, Goldblättchen u. s. w.

Vom Schwimmen der Fische.

Die Fische haben einen Körper, dessen specifische Schwere etwas mehr beträgt, als die specifische Schwere des Wassers, der aber mit einer Blase versehen ist, die sich mittelst einer muskulösen Haut zusammenziehen, und wieder ausdehnen läßt. Wird also diese Blase von dem Fische zusammengezogen, so muß er niedersinken, weil sein Körper

für

für sich schwerer ist, als eben so viel Wasser; sobald er aber dieselbe wieder **erweitert**, so wird dadurch auch sein ganzer Körper in einen größern Raum ausgebreitet, als eine eben so schwere Wassermenge einnimmt; daher er nun von dem Drucke des Wassers in die Höhe getrieben wird. — Der **menschliche Körper** ist so gebauet, daß er nur ein wenig specifisch schwerer, als das Wasser ist; hat selber etwa einen Zentner am Gewichte, so verliert er beynahe im Wasser 96 Pfund; er darf sich also nur mit einer Kraft von ungefähr 5 Pfund in die Höhe schwingen. Die **Erweiterung** seiner Brust, das **Einathmen einer größeren Menge Luft**, das Schlagen der Hände und Füße auf die Oberfläche des Wassers, worauf er für den Ueberrest seines Gewichtes hinlänglich Unterstützung finden kann, lassen ihn auf dem Wasser schwimmen, das er aber um so sicherer bewirken kann, wenn er durch eine **Schwimmgürtl**, oder **aufgeblasene Rindsblase** sein Volum so vergrößert, daß er mit selben einen größern Raum einnimmt, als das Wasser vom nemlichen Gewichte. Einige Naturlehrer wollen sogar aus Erfahrungen behaupten, daß es unter fetten Personen einige gebe, welche schon für sich specifisch leichter sind, als das Wasser, welche daher ohne alle Hilfsmittel, ohne Bewegung sich über dem Wasser zu erhalten, schwimmen können. Die **Körper der Ertrunkenen** sinken zwar anfangs zu Boden; kommen aber nach einigen Tagen von selbst in die Höhe, und schwimmen auf dem Wasser; denn nach

Vom Schwimmen der Menschen.

Vom Schwimmen der Ertrunkenen.

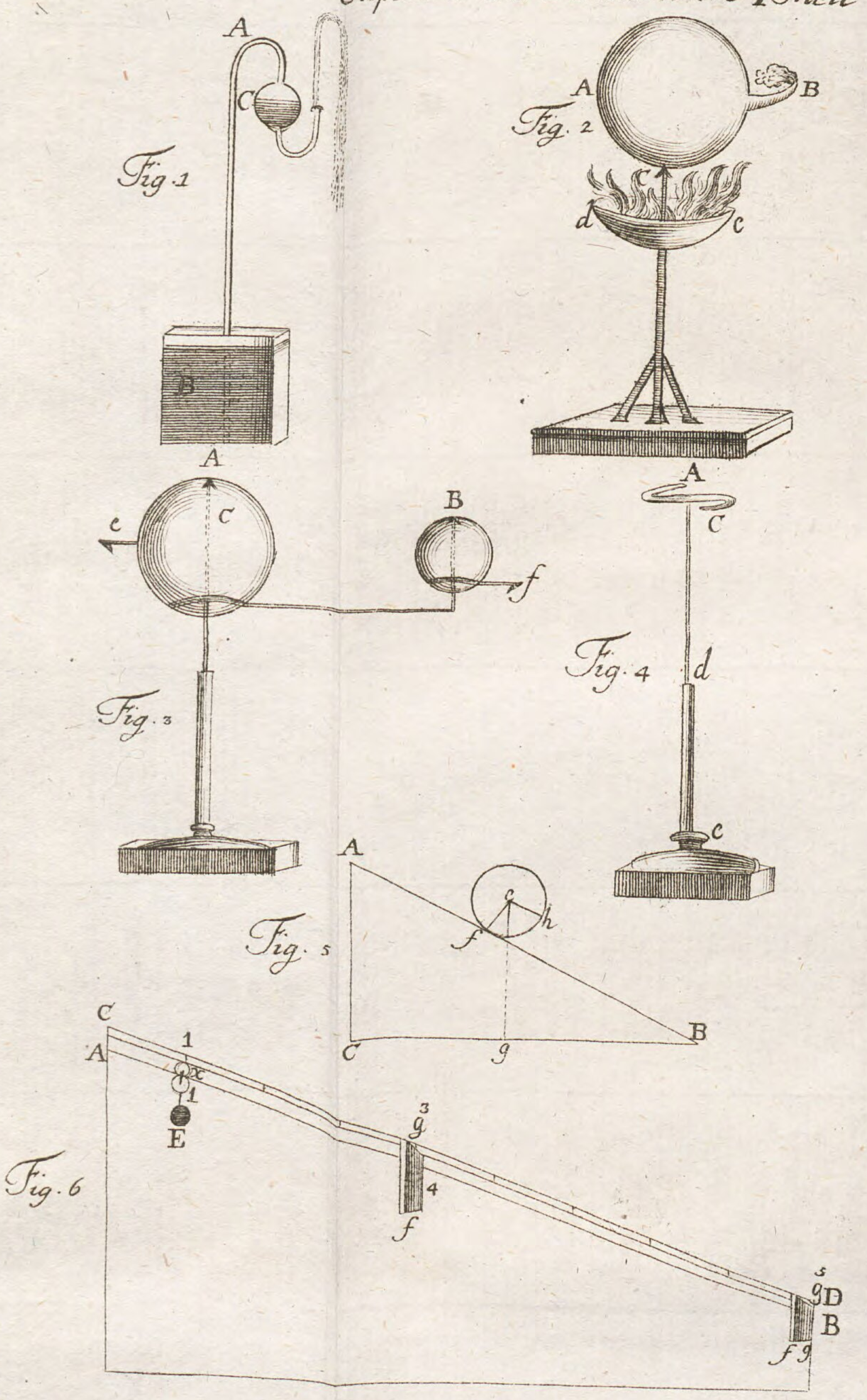
eini=

einiger Zeit gerathen ihre Säfte in Gährungen, sie schwillen daher auf, und werden größer. Weil also die Vergrößerung seines Umfanges so viel beträgt, daß er nunmehr einen größern Umfang einfüllt, als eine gleich schwere Menge Wasser, so muß er durch den Druck des sich unter ihm befindlichen Wassers in die Höhe steigen. Warum Thiere leichter, als Menschen schwimmen, liegt die Grundursache größtentheils in den Haaren, womit ihre ganze Haut besetzt ist. —— Das Schwimmen der Eisenfeile, Goldblättchen wird wahrscheinlicher aus der darunter eingeschlossenen Luft, als einen specifisch leichtern Körper erklärbar. —— Dieses sind nun die vornehmsten Gesetze, und die darausfolgenden Erscheinungen vom Gleichgewichte der flüßigen Körper sowohl unter sich, als mit den festen Körpern.

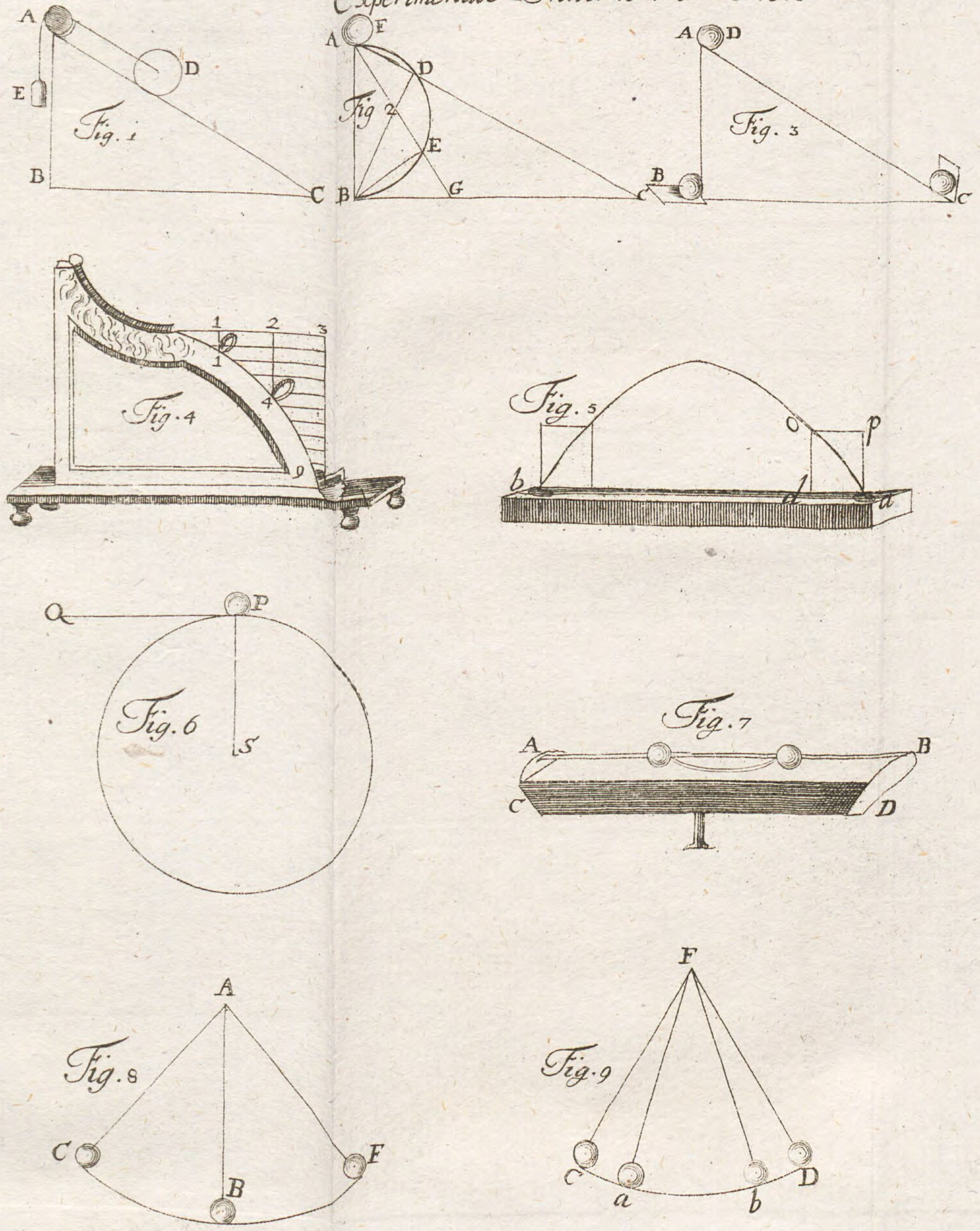
Ende des ersten Theils.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Experimental - Naturlehre I Theil Tab. I



Experimental Naturlehre I Theil Tab. II



Experimental-Naturlehre I Theil Tab. III

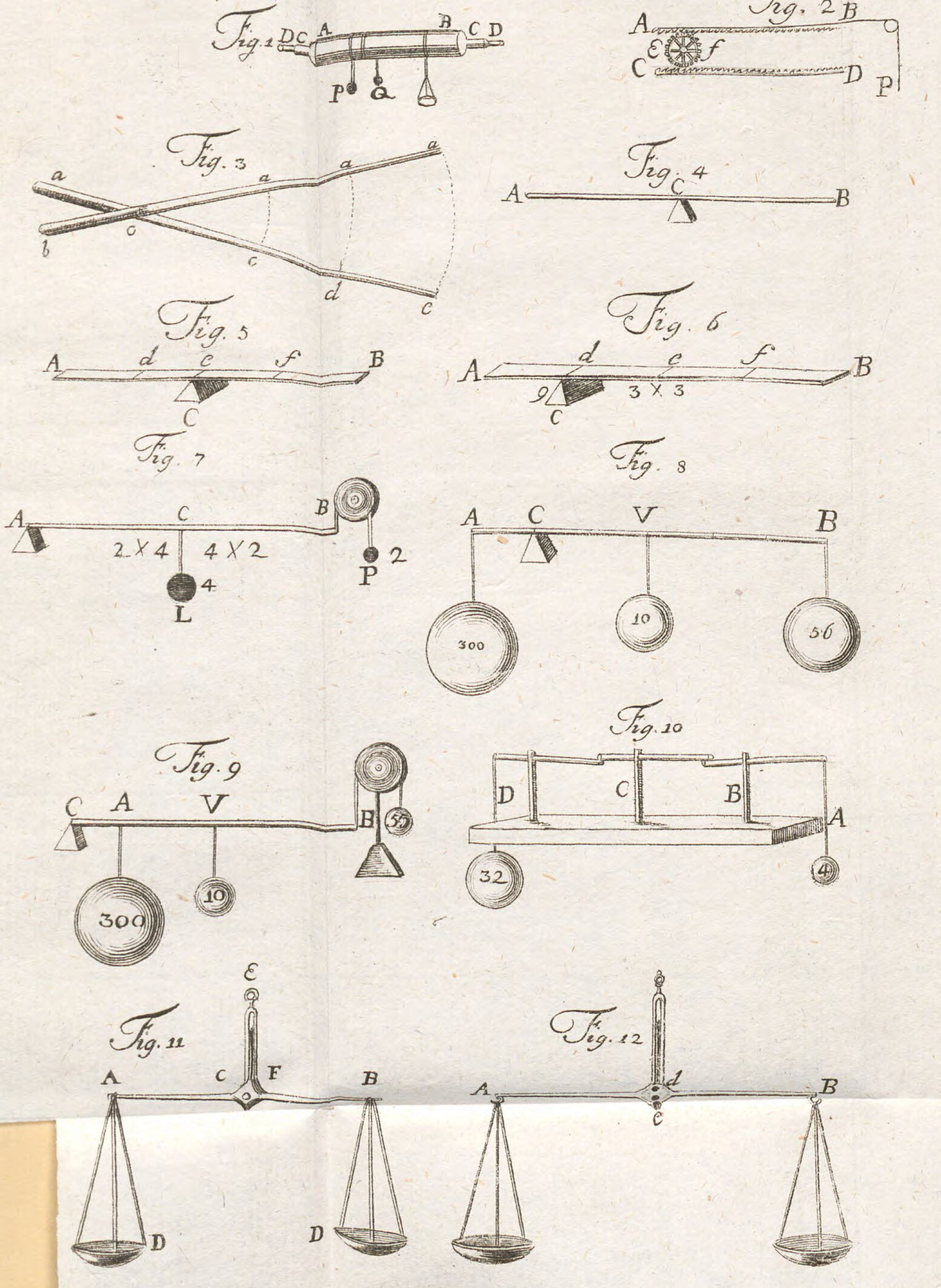


Fig. 13

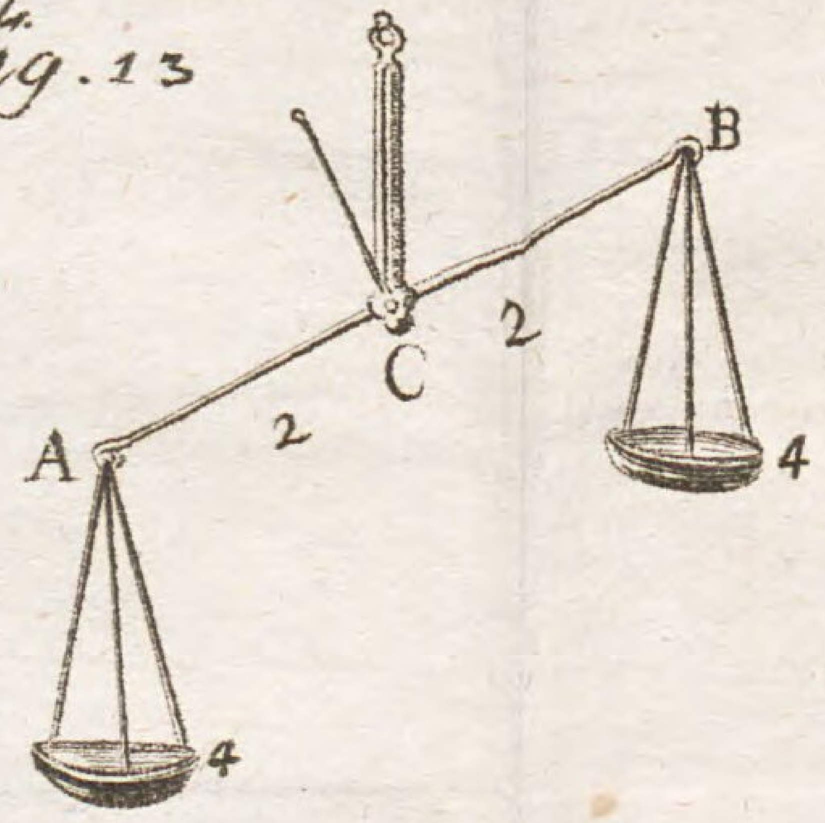


Fig. 14

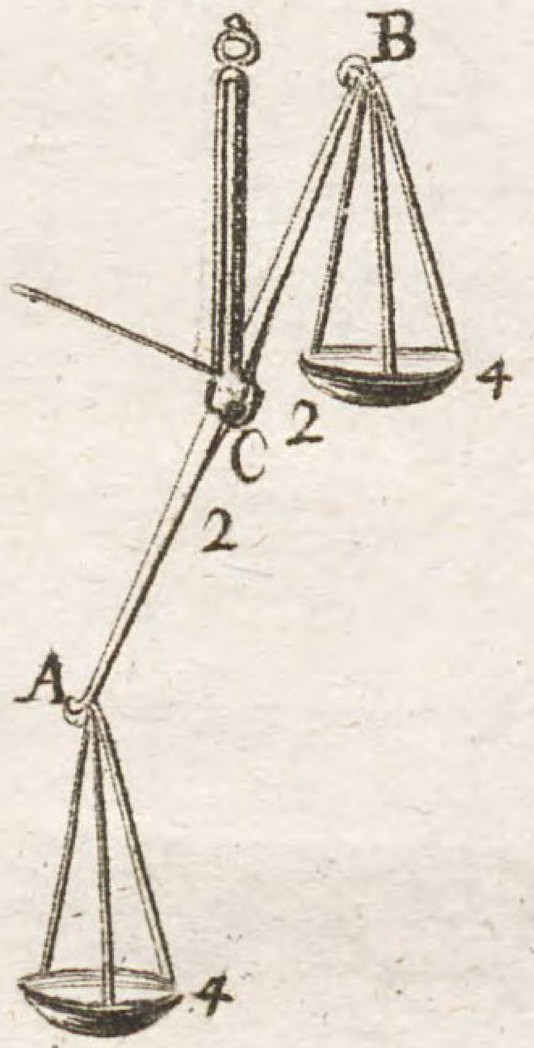


Fig. 15

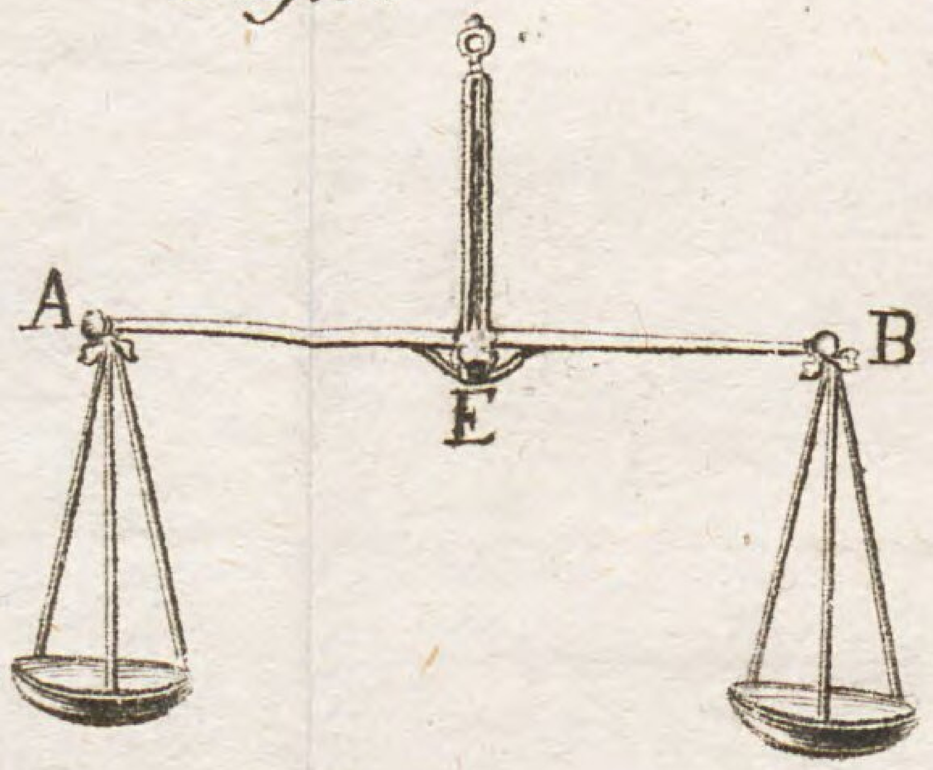
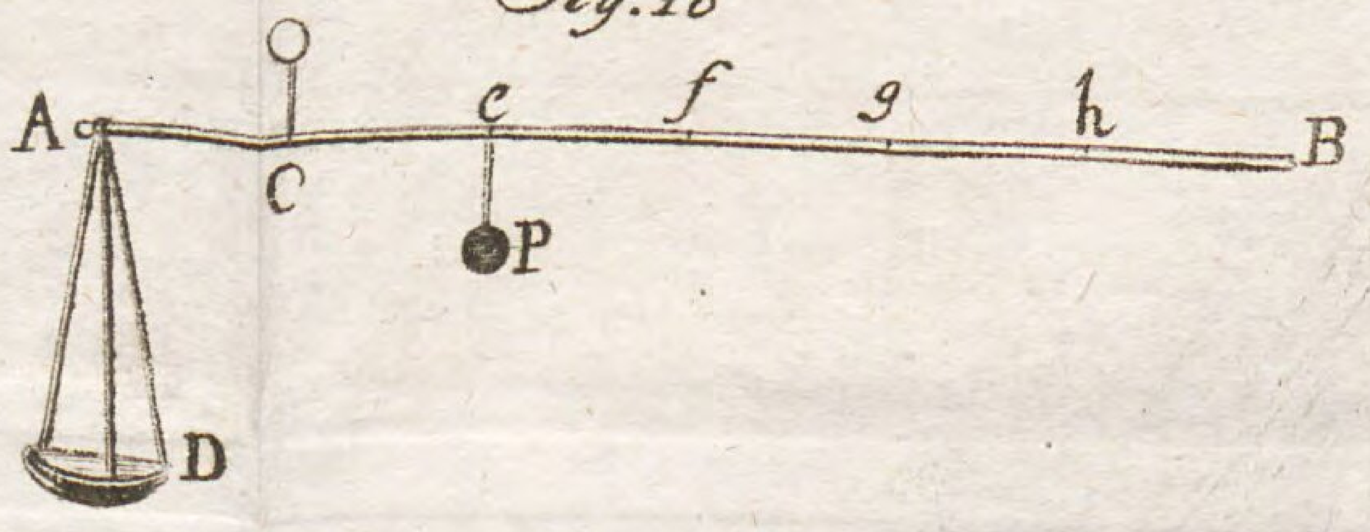
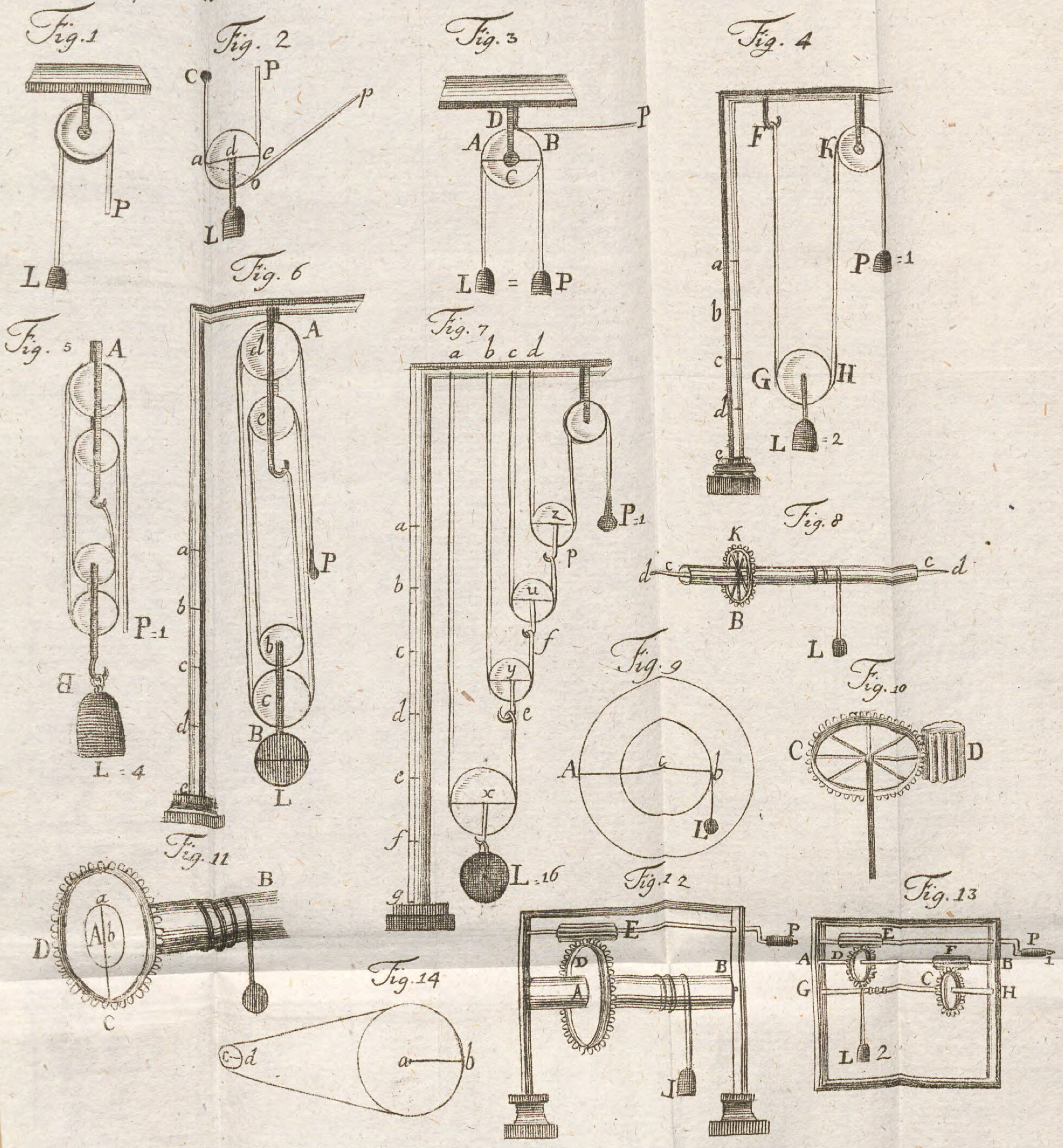


Fig. 16



Experimental Naturlehre I Theil Tab. IV.



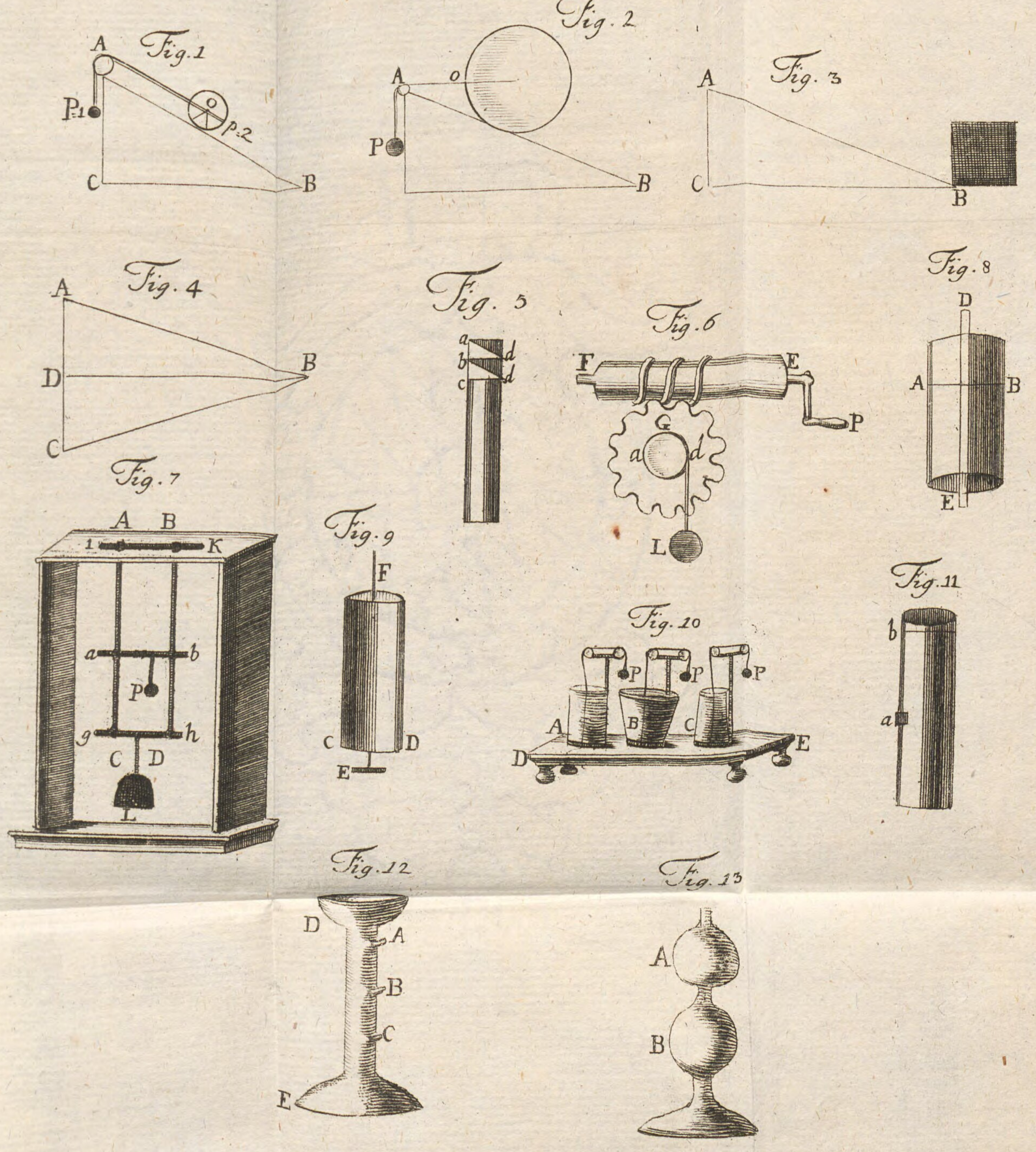


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13

Fig. 1

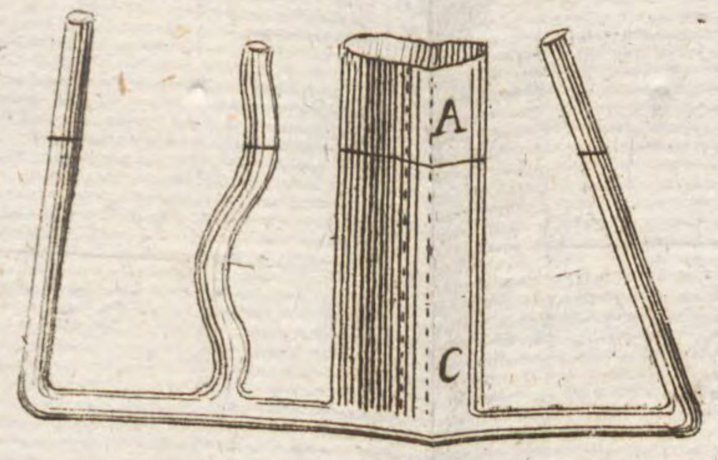


Fig. 2. a

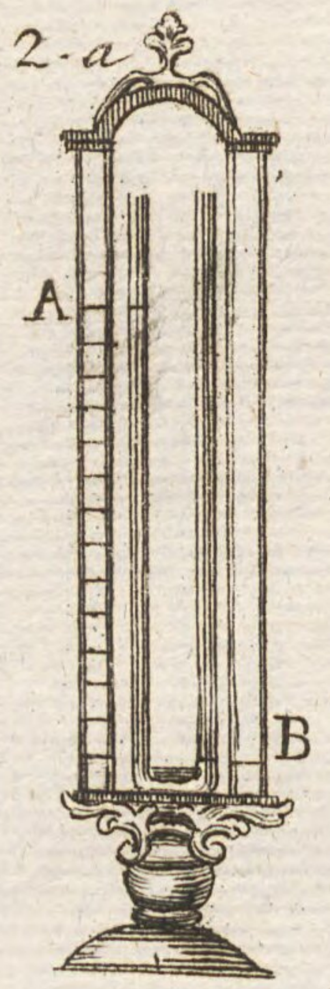


Fig. 2. b

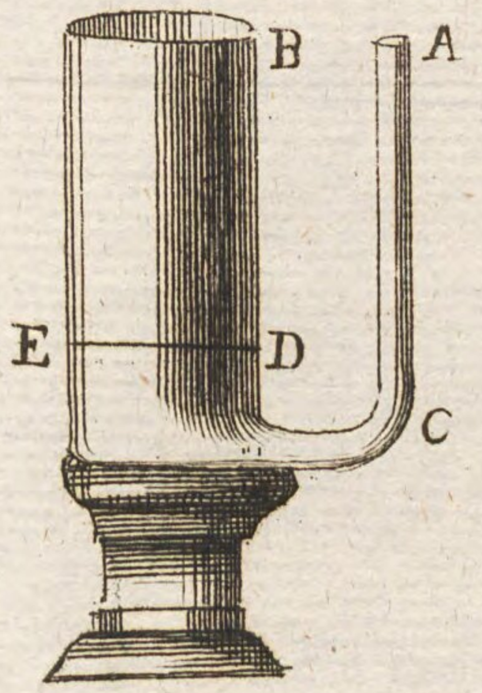


Fig. 3

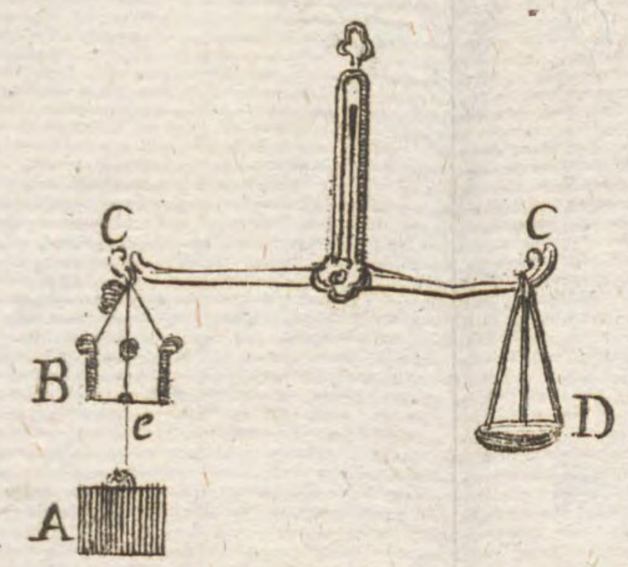


Fig. 4

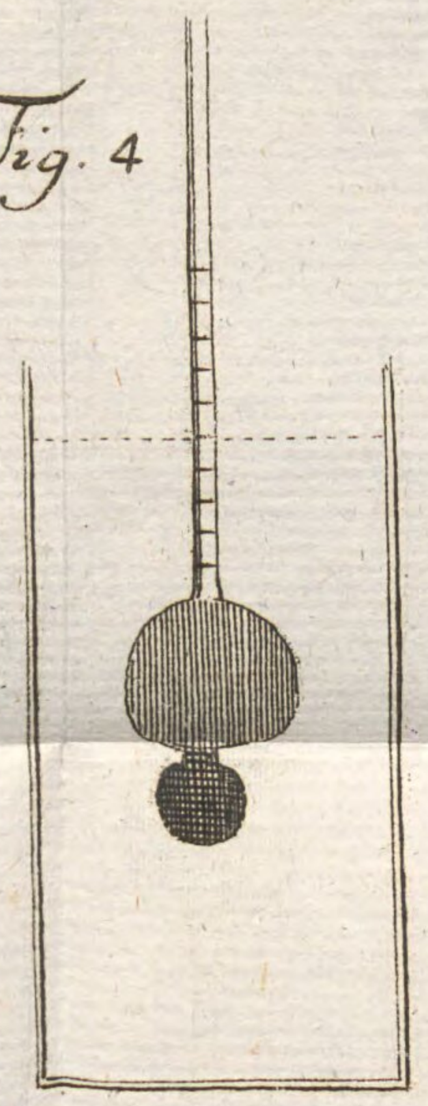


Fig. 5

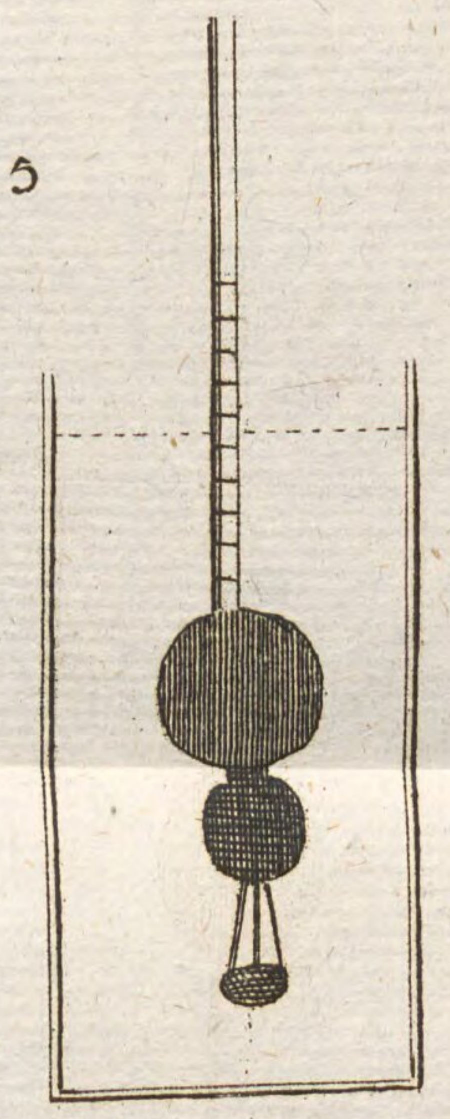


Fig 2

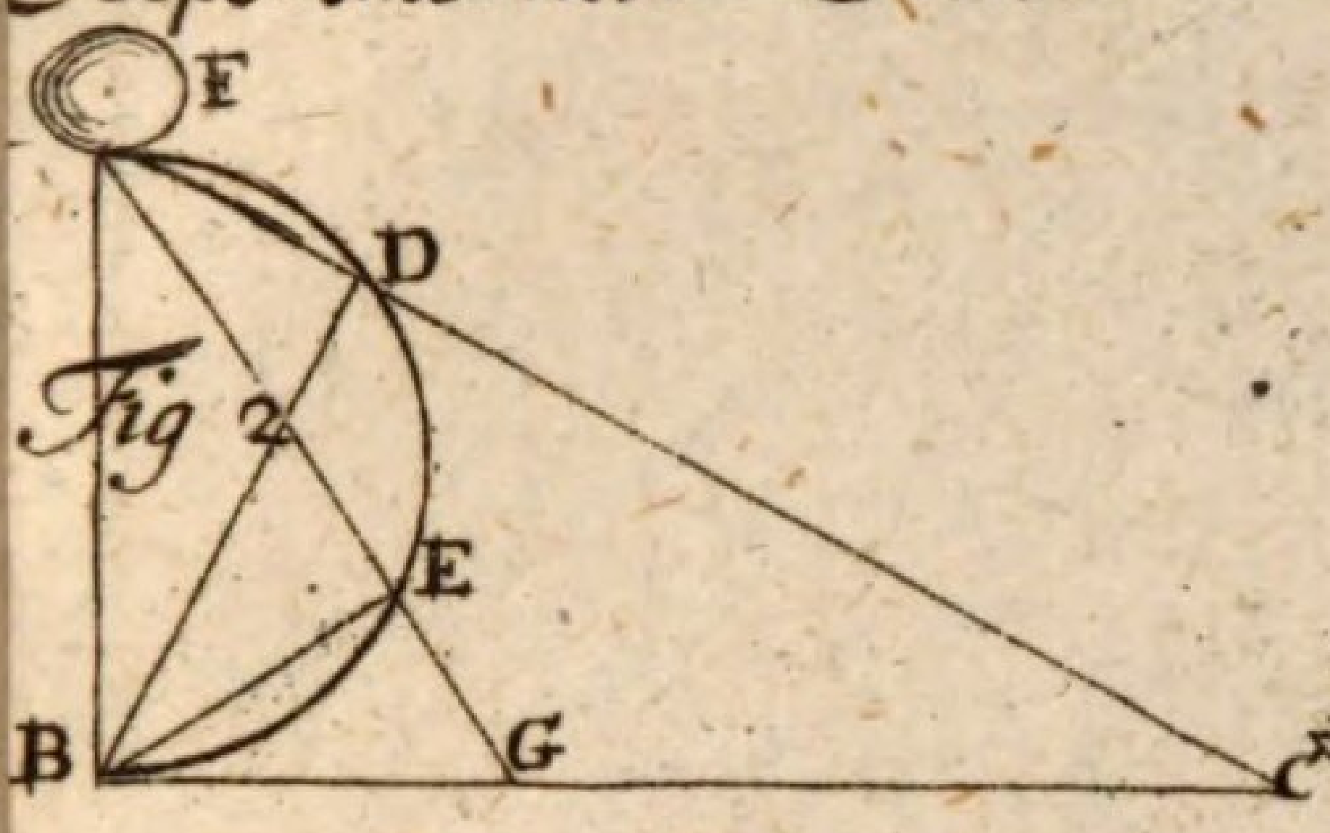


Fig. 3

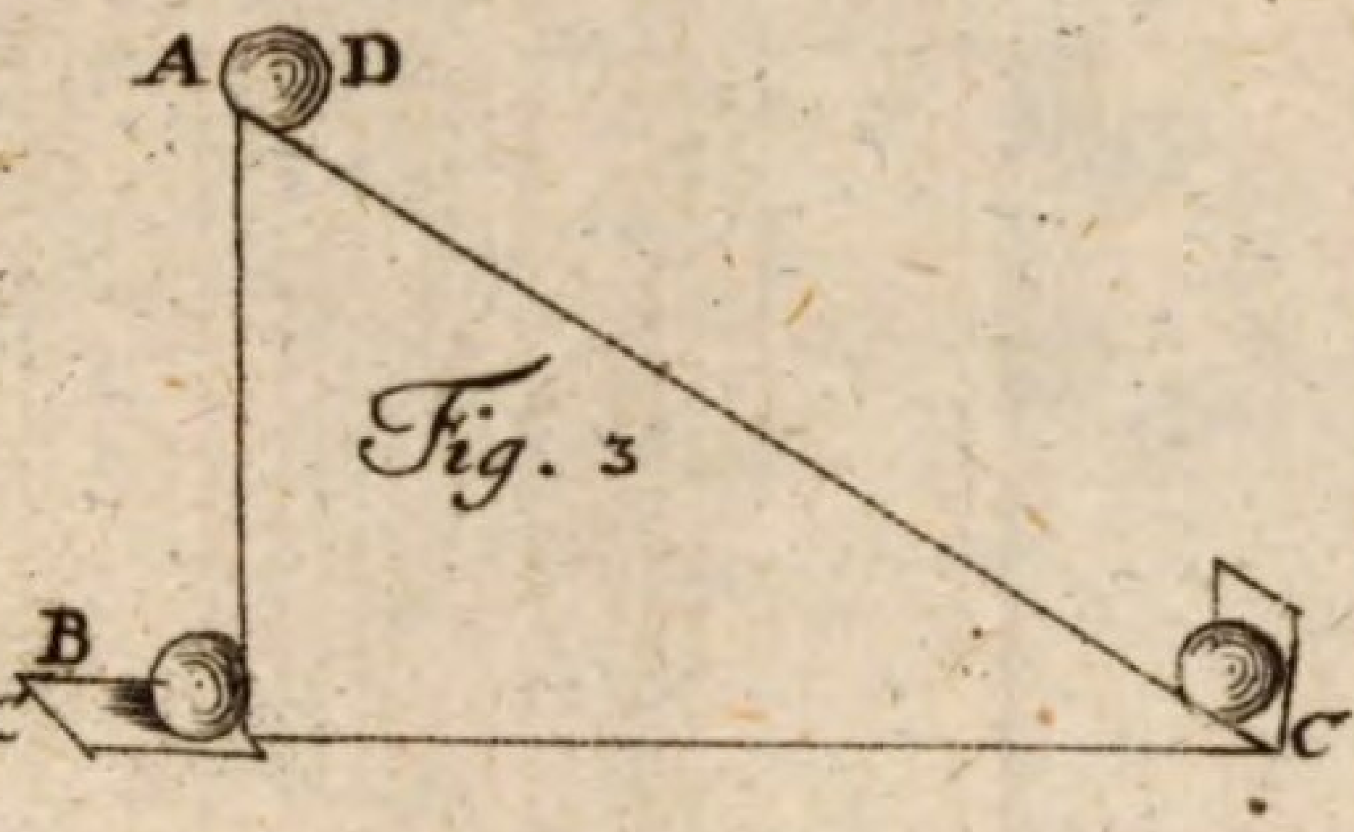


Fig. 5

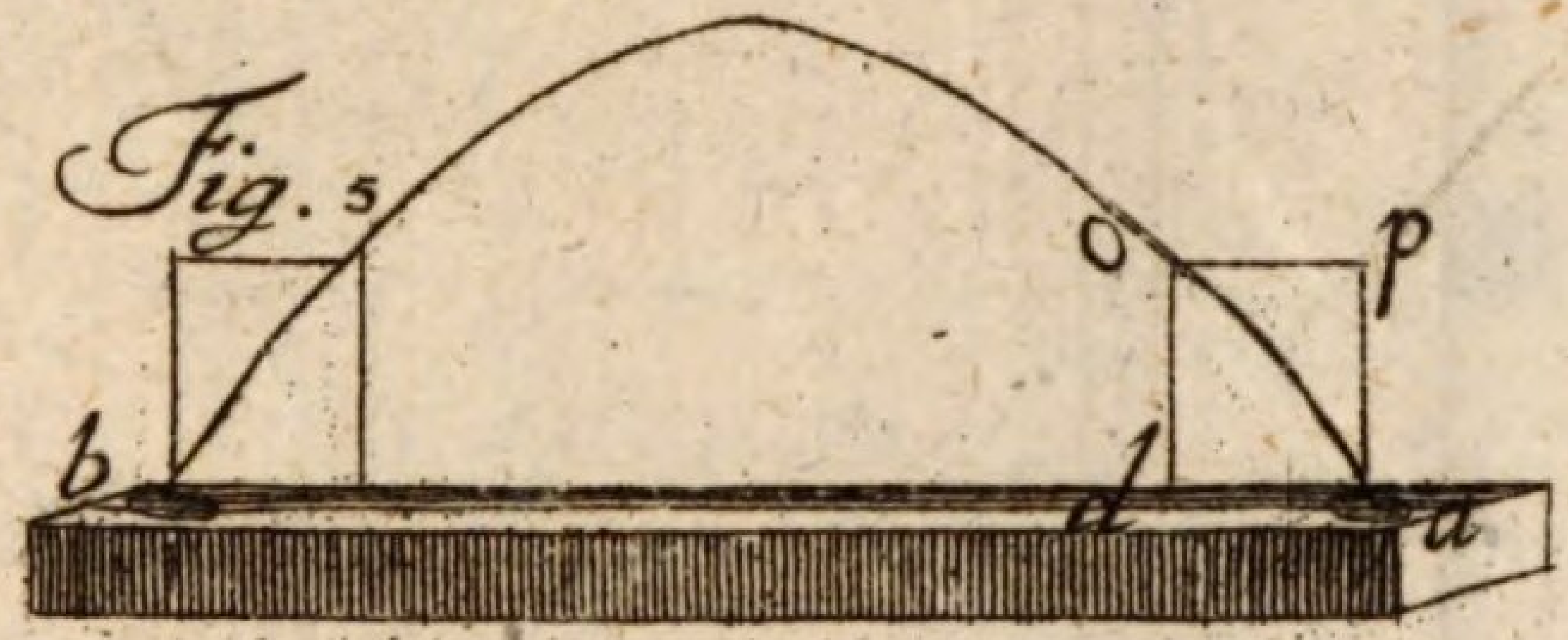


Fig. 7

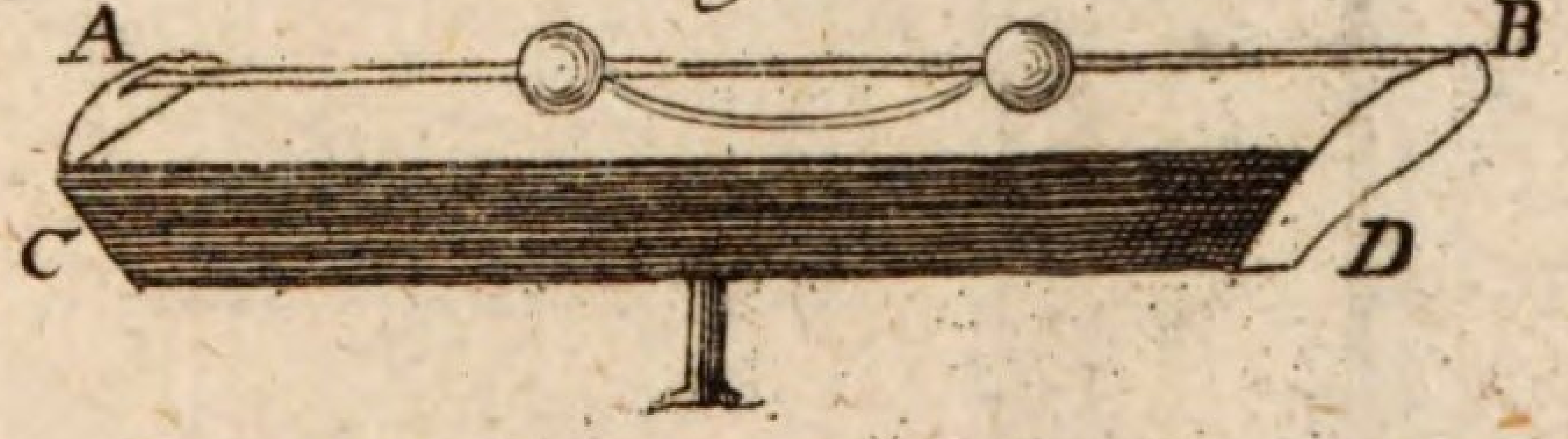
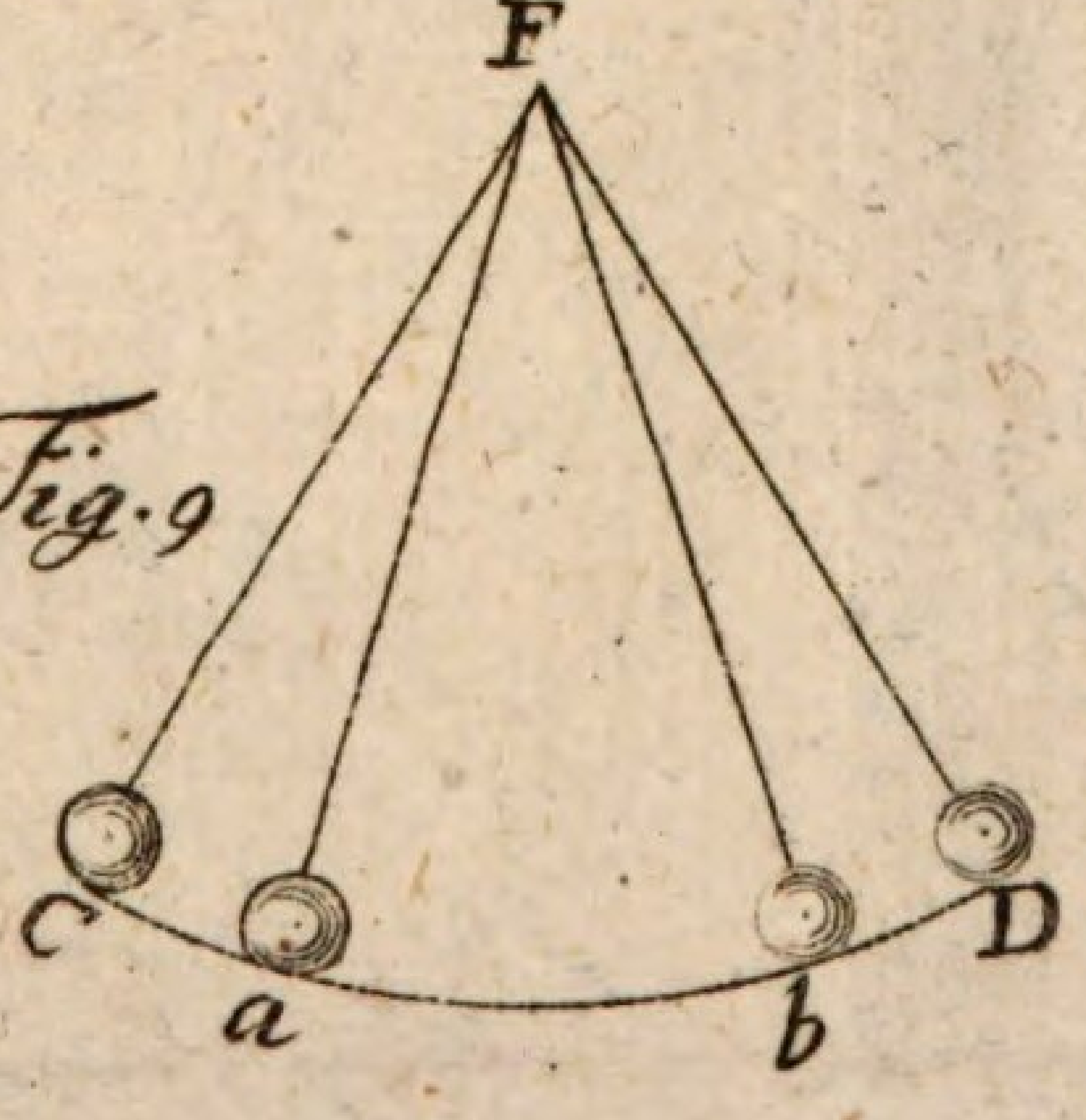


Fig. 9



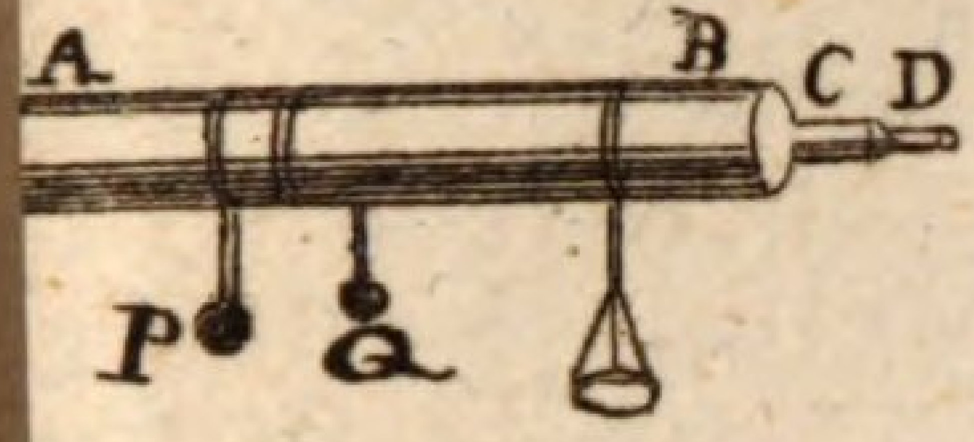
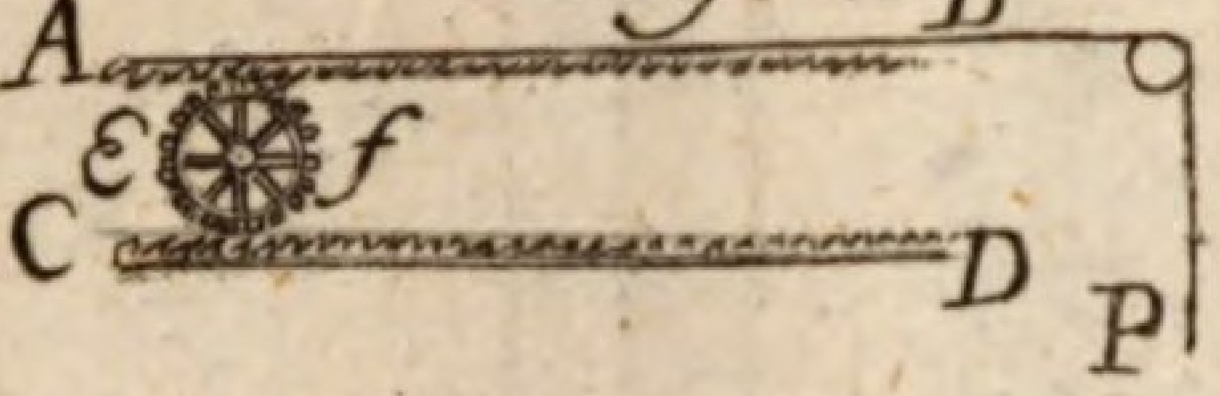


Fig. 2



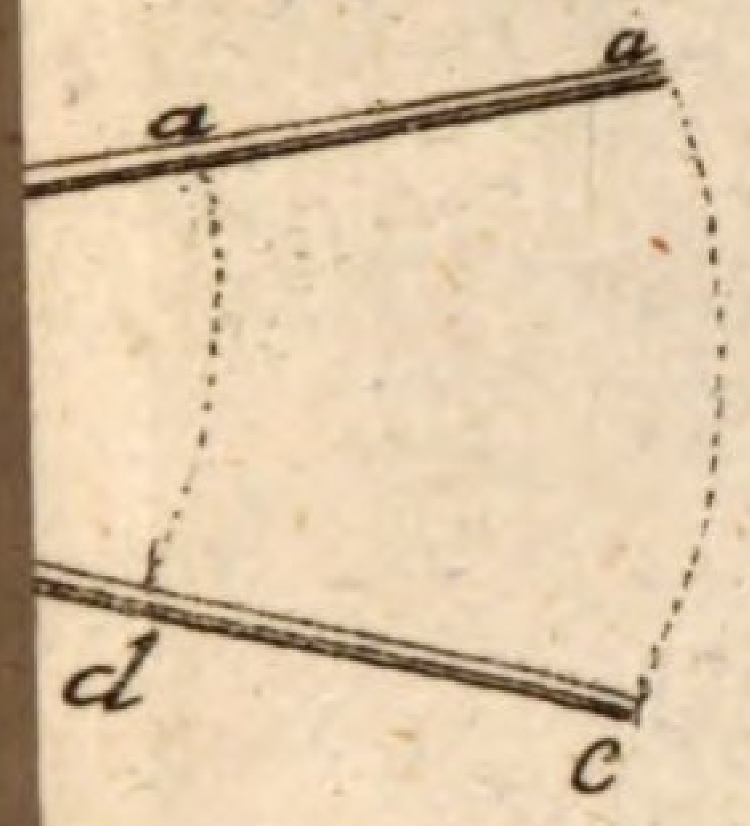


Fig. 4

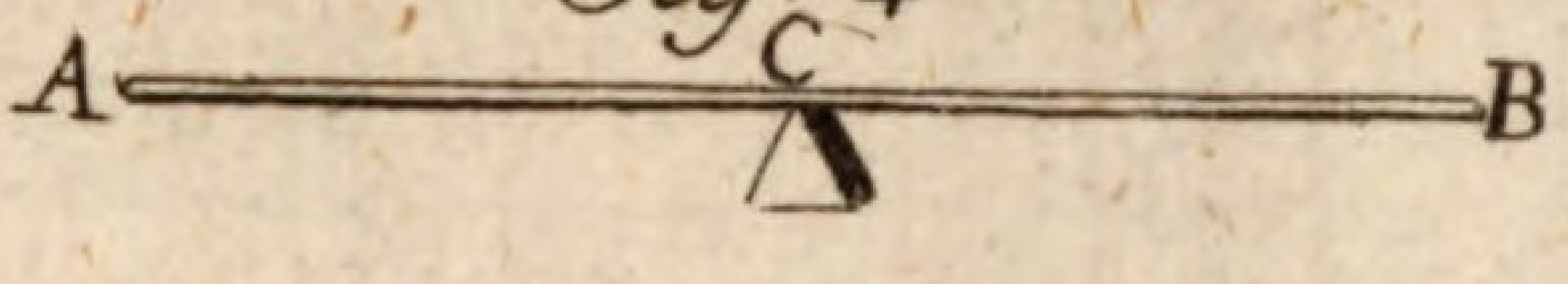


Fig. 6

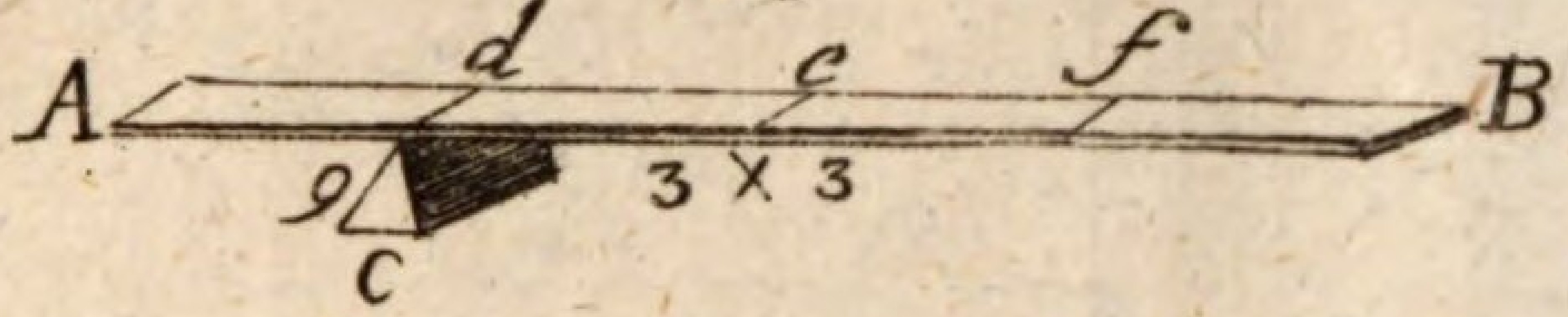


Fig. 8

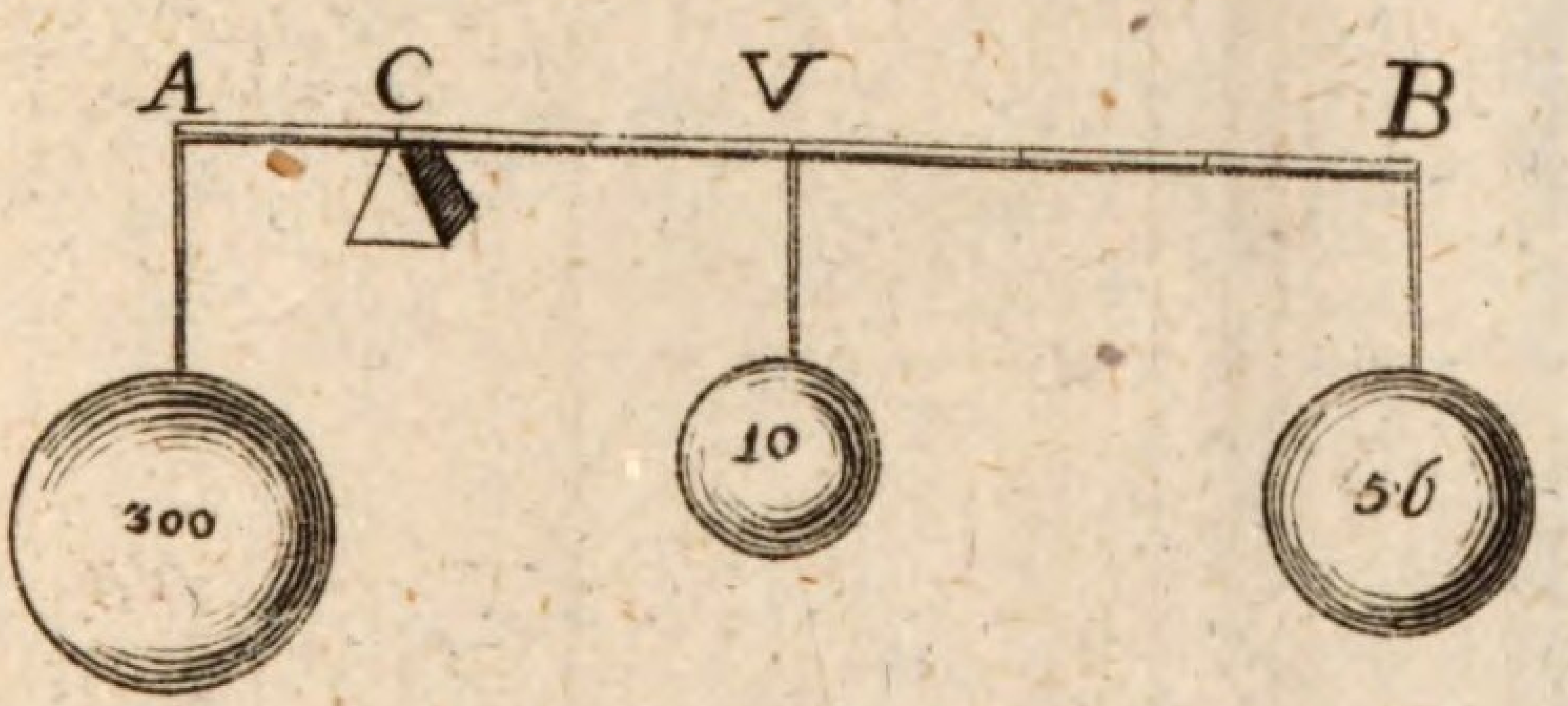
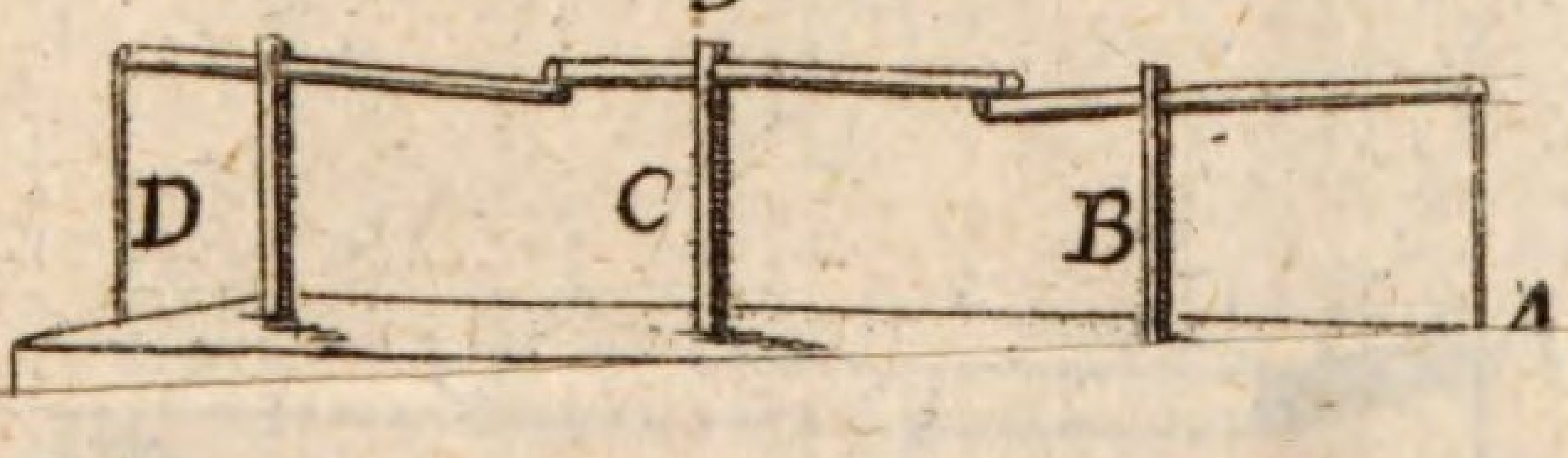


Fig. 10



...tal-Naturlehre I Theil ad Tab. III.

Fig. 14

...15

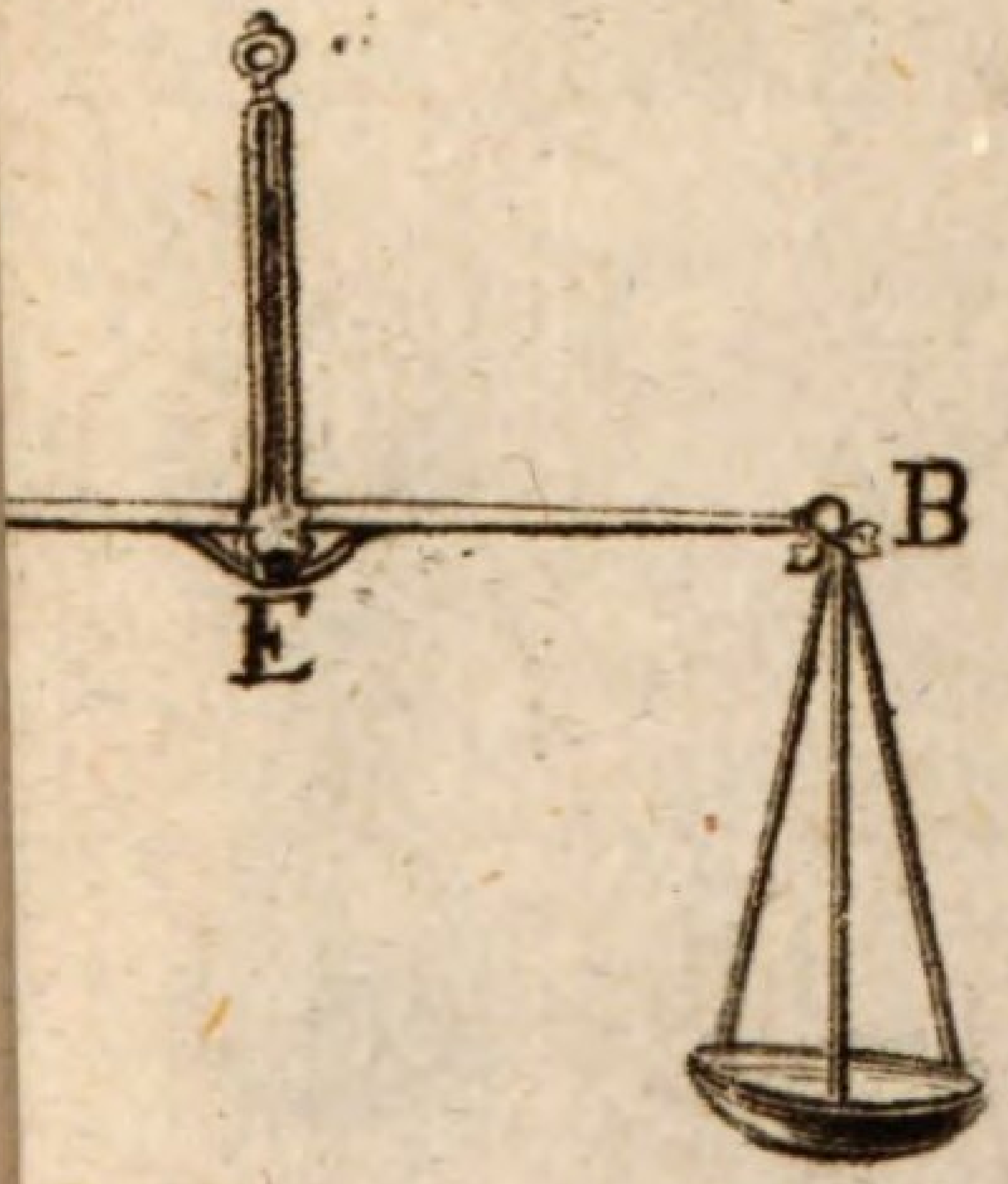
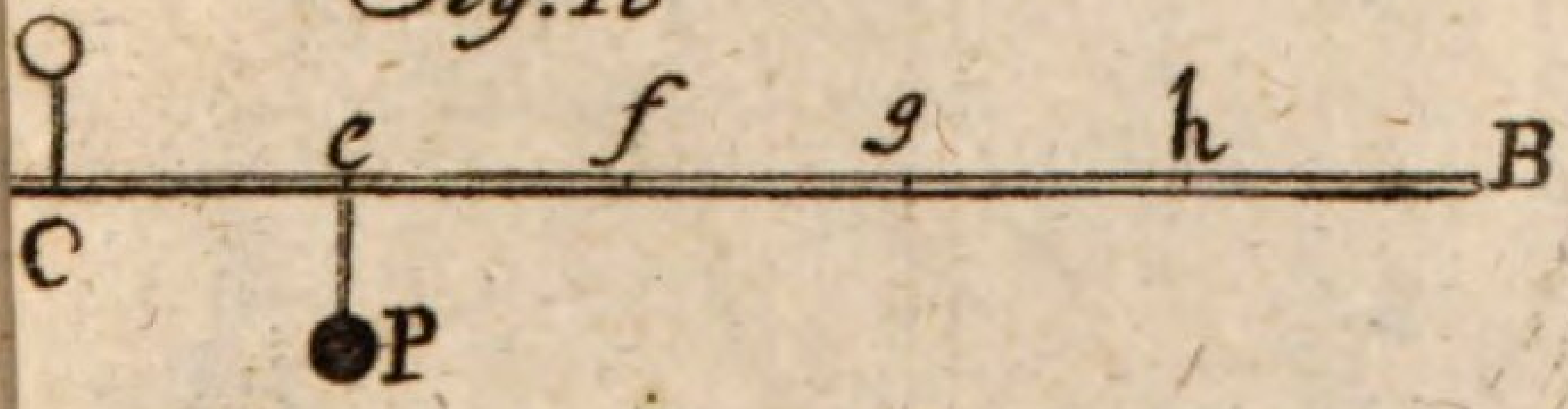


Fig. 16



enta
Fig.
d
L

ental Naturleh

Fig. 2

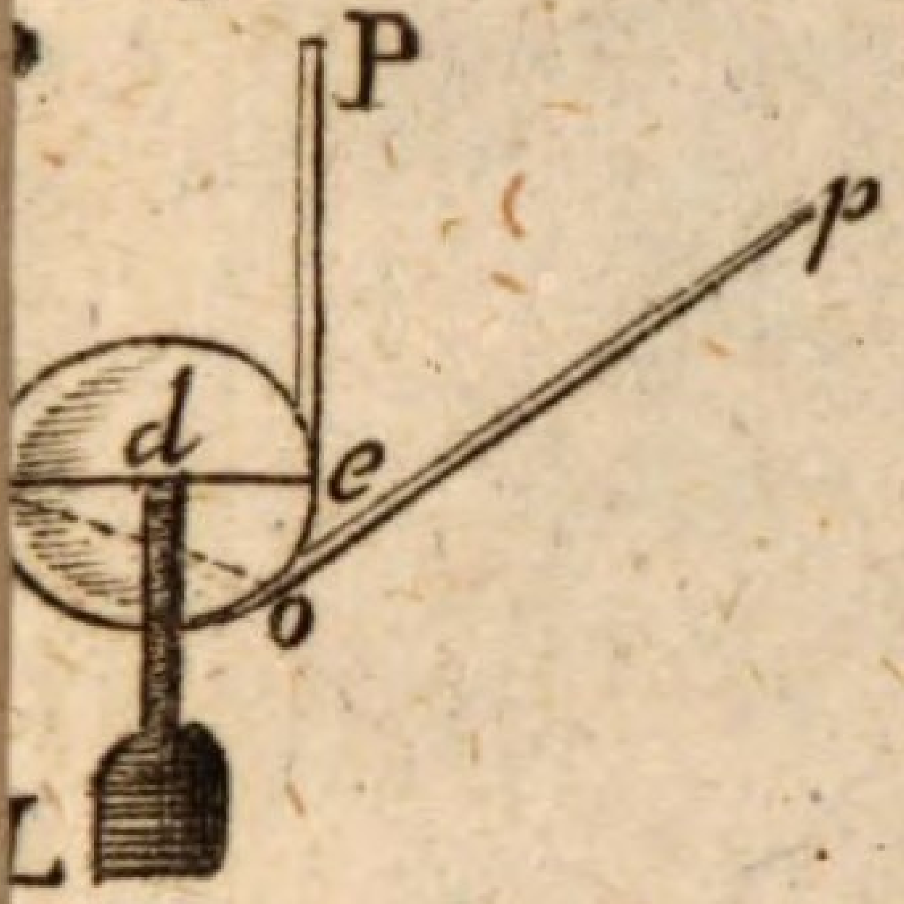
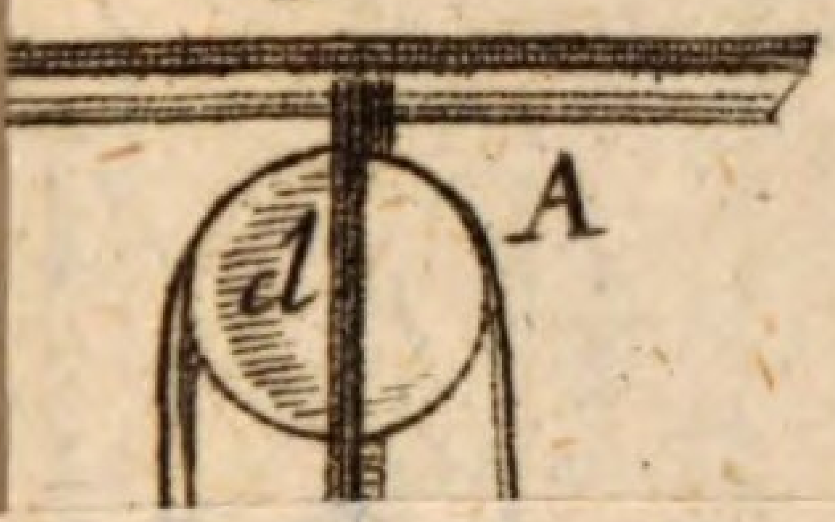


Fig. 6



ri

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Imhof, Maximus <<von>>,

Grundriß der öffentlichen Vorlesungen über die Experimental-Naturlehre

Bd.: 1 : mit sechs Kupfertafeln

München 1794

Bibl.Mont. 3662-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10723369-7
VD18 80259235